

VU Research Portal

Zelfredzaamheid bij brand: Kritische factoren voor het veilig vluchten uit gebouwen

Kobes, M.

2008

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Kobes, M. (2008). *Zelfredzaamheid bij brand: Kritische factoren voor het veilig vluchten uit gebouwen*. (Criminaliteit, rechtshandhaving en veiligheid: Crisisbeheersing en fysieke veiligheid). Boom Juridische uitgevers.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

ZELFREDZAAMHEID BIJ BRAND

*Kritische factoren voor
het veilig vluchten uit gebouwen*

MARGRETHE KOBES

Boom Juridische uitgevers
Den Haag
2008

Zelfredzaamheid bij brand is het menselijk vermogen
om signalen van gevaar waar te nemen en te interpreteren,
en om beslissingen te nemen en uit te voeren die gericht zijn
op het overleven van een brandsituatie.

Omslagontwerp: Primo!Studio, Delft
Opmaak binnenwerk: Textcetera, Den Haag

© 2008 Margrethe Kobes/Boom Juridische uitgevers

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van reprografische vervoelvoudingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.reprorecht.nl). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (art. 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot de Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.cedar.nl/pro).

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

ISBN 978-90-5454-850-8
NUR 600, 165

www.bju.nl

INHOUD

| | |
|------------|----|
| VOORWOORD | 9 |
| LEESWIJZER | 11 |

DEEL I OVERZICHT

| | |
|---|----|
| HOOFDSTUK 1: CONCLUSIES | 15 |
| 1.1 Algemene conclusies | 15 |
| 1.2 Conclusies voor ontwerpers en gebouwbeheerders | 28 |
| 1.3 Conclusies voor beleidsmakers | 32 |
| 1.4 Conclusies voor onderzoekers | 40 |
| HOOFDSTUK 2: SAMENVATTING | 47 |
| 2.1 Brandveiligheid | 47 |
| 2.2 Denkkaders voor brandveiligheid en zelfredzaamheid | 48 |
| 2.3 De gevaarsfactor: brand | 54 |
| 2.4 De menselijke factor | 56 |
| 2.5 De omgevingsfactor: het gebouw | 58 |
| 2.6 De bepaling van de vluchtsnelheid | 64 |

DEEL 2

CONTEXTUEEL KADER

| | |
|---|-----|
| HOOFDSTUK 3: ZELFREDZAAMHEID BIJ BRAND | |
| IN BREDER PERSPECTIEF | 71 |
| 3.1 De oorsprong van het brandveiligheidsbeleid | 71 |
| 3.2 De symboliek van het brandveiligheidsbeleid | 77 |
| 3.3 Kernbegrippen in het brandveiligheidsbeleid | 83 |
| 3.4 Overzicht van onderzoek naar het vluchten bij brand sinds 1900 | 91 |
| HOOFDSTUK 4: DENKKADERS VOOR BRANDVEILIGHEIDSBELEID EN ZELFREDZAAMHEID BIJ BRAND | 97 |
| 4.1 Introductie | 97 |
| 4.2 Het bestaande denkkader | 101 |
| 4.3 Het nieuwe denkkader | 105 |

DEEL 3

ZELFREDZAAMHEID BIJ BRAND

| | |
|--|-----|
| HOOFDSTUK 5: DE GEVAARSFACTOR: BRAND | 119 |
| 5.1 Brand- en rookontwikkeling | 119 |
| 5.2 Effecten van brand op mensen | 122 |
| 5.3 Bepaling van het brandgevaar | 127 |
| 5.4 Samenvatting en beschouwing: de gevaarsfactor | 130 |
| HOOFDSTUK 6: DE MENSELIJKE FACTOR | 135 |
| 6.1 Bewustwording en gevaarsperceptie | 135 |
| 6.2 Overlevingsstrategieën | 140 |
| 6.3 Persoonskenmerken | 150 |
| 6.4 Persoonsgebonden situatiekenmerken | 157 |
| 6.5 Sociale kenmerken: interactie tussen mensen | 159 |
| 6.6 Samenvatting en beschouwing: de menselijke factor | 166 |

| | |
|---|-----|
| HOOFDSTUK 7: DE OMGEVINGSFACTOR: HET GEBOUW | 175 |
| 7.1 Gebouwtype | 175 |
| 7.2 Gebruiksaspecten: gebouwgebonden situatiekenmerken | 193 |
| 7.3 Bouwtechnische aspecten: lay-out | 205 |
| 7.4 Gebouwtechnische aspecten: installaties | 221 |
| 7.5 Bepaling van de vluchtsnelheid | 234 |

DEEL 4

BIJLAGEN

| | | |
|------------|--|-----|
| BIJLAGE 1: | TABELLEN | 263 |
| BIJLAGE 2: | INCIDENTVERSLAGEN | 279 |
| 2.1 | Stads- en dorpsbranden | 279 |
| 2.2 | Fatale branden in Nederland | 288 |
| 2.3 | Fatale branden in het buitenland | 298 |
| BIJLAGE 3: | MENSEN MET BEPERKINGEN | 301 |
| 3.1 | Maatregel om de noodzaak van ontvluchting te verkleinen | 301 |
| 3.2 | Niet-zelfredzaamheid | 302 |
| 3.3 | Mensen met een mobiele beperking | 304 |
| 3.4 | Mensen met een zichtbeperking | 307 |
| 3.5 | Ouderen | 308 |
| 3.6 | Toegankelijkheid en uitgangelijkheid | 309 |
| 3.7 | Evacuation Performance Index (EPI) | 310 |
| DANKWOORD | | 313 |
| BRONNEN: | Literatuur | 315 |
| | Video's | 323 |
| | Websites | 323 |

VOORWOORD

De Nederlandse overheid stuurt de laatste jaren aan op een toenemende zelfredzaamheid van burgers in situaties van onveiligheid. Dit geldt ook voor het domein van de fysieke veiligheid, waar met name wordt nagedacht over het zelfredzame gedrag van burgers bij rampen en zware ongevallen. Een belangrijk onderdeel van de fysieke veiligheid is de brandveiligheid van gebouwen. Op dit beleidsdomein van de brandveiligheid is klassiek al het uitgangspunt dat gebruikers zelfstandig een brandend bouwwerk kunnen verlaten. Een belangrijke voorwaarde hierbij is dat in het gebouw zodanige brandveiligheidsmaatregelen zijn getroffen dat die zelfredzaamheid ook mogelijk is. De minimaal benodigde brandveiligheidsmaatregelen zijn vastgelegd in de vigerende regelgeving. Deze regelgeving kost bouwers, gebruikers en de overheid veel geld aan constructieve eisen, gebruikseisen en het toezicht daarop.

Toch vallen er per jaar zo'n zeventig dodelijke slachtoffers door brand in Nederland. De voor de hand liggende vraag is of deze slachtoffers door beter beleid gered hadden kunnen worden of dat deze slachtoffers onder een te accepteren 'restrisico' vallen. Deze vraag blijkt op basis van de beschikbare kennis niet beantwoord te kunnen worden: het Nederlandse brandveiligheidsbeleid blijkt slechts in zeer beperkte mate gebaseerd te zijn op kennis over het ontstaan, de uitbreiding en de gevolgen van brand. In de praktijk blijken aanwezigen in een gebouw bij hun zelfredzame gedrag niet altijd ondersteund te worden door de huidige voorgeschreven veiligheidsmaatregelen. Een klassiek voorbeeld is het 'nooduitje', het groene nooduitgangbordje. Dit symbool van brandveiligheid blijkt consequent genegeerd te worden of onzichtbaar te zijn vanwege de rook. Meer algemeen geldt dat inzicht in het feitelijke menselijk gedrag bij brand momenteel beperkt is en in ieder geval niet leidend is voor het brandveiligheidsbeleid. Uit incidentevaluaties blijkt echter dat de brandveiligheid voornamelijk afhankelijk is van het menselijk handelen. Dit betekent dat wetenschappelijk inzicht in het gedrag van mensen tijdens een brand leidend moet zijn voor de te nemen bouwtechnische maatregelen in een ontwerp.

In deze publicatie staat het gedrag van mensen bij brand centraal. Vanuit het perspectief van optimalisering van het brandveiligheidsbeleid is het interessant te begrijpen waarom bepaalde incidenten tot veel slachtoffers hebben geleid, of waarom een bepaalde potentieel rampzalige gebeurtenis juist tot een beperkt aantal slachtoffers heeft geleid. Deze vragen hebben de basis gevormd voor de voorliggende literatuurstudie naar de aspecten die van invloed zijn op de zelfredzaamheid bij brand.

Deze publicatie reikt een denkkader aan voor de ontwikkeling van een wetenschappelijke basis voor het brandveiligheidsbeleid, tenminste waar het gaat om het veilig vluchten uit gebouwen. Het doel van deze publicatie is uitdrukkelijk niet om als een technisch handboek te dienen voor het beoordelen van het brandveiligheidsniveau van een gebouwwontwerp. Daarvoor is de aange troffen (wetenschappelijke) informatie per afzonderlijk onderwerp te gering en veelal te exemplarisch. De publicatie geeft wél een zo compleet mogelijk overzicht van de huidige kennis over de onderwerpen die, volgens internationale wetenschappelijke bronnen, van invloed zijn op het menselijk gedrag bij brand. Dit overzicht is nodig om inzicht te krijgen in de achtergronden van de brandpreventie in relatie tot het veilig vluchten uit gebouwen. Daarnaast kan het dienen als basis voor een evaluatie van de doeltreffendheid van het huidige brandpreventiebeleid, opdat het beleid in de toekomst zo veel mogelijk aansluit bij het werkelijke gedrag van mensen bij brand.

Het onderzoek is uitgevoerd namens het Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid *Nibra* en past binnen het promotietraject van de auteur bij de leerstoel Crisisbeheersing en Fysieke Veiligheid van de Vrije Universiteit Amsterdam.

Prof. dr. Ira Helsloot

Hoogleraar Crisisbeheersing en Fysieke Veiligheid

LEESWIJZER

Deze publicatie behandelt het thema 'zelfredzaamheid bij brand: veilig vluchten uit gebouwen'. Gezien de nadruk op het veilig vluchten uit gebouwen wordt in deze publicatie vooral ingegaan op de interactie tussen mensen en een gebouw en de interactie tussen mensen en een brand.

De publicatie is opgedeeld in vier delen. In deel 1 is de informatie uit deel 2 en 3 van de publicatie samengevat. Verder zijn in deel 1 de conclusies en aanbevelingen opgenomen. Deel 2 bevat de denkkaders en de bredere context van brandveiligheidsbeleid en zelfredzaamheid bij brand. In deel 3 wordt uitgebreid ingegaan op de factoren die van invloed zijn op de zelfredzaamheid bij brand. De bijlagen ten slotte zijn opgenomen in deel 4.

DRIE CLUSTERS VAN INFORMATIE

De in de literatuur aangetroffen informatie over het menselijk gedrag bij brand (deel 3: Zelfredzaam gedrag bij brand) is geclusterd weergegeven. Er is een onderscheid gemaakt in drie clusters:

- de gevaarsfactor: brand;
- de menselijke factor;
- de omgevingsfactor: het gebouw.

HERHALING VAN INFORMATIE

Sommige informatie heeft betrekking op meerdere factoren en komt daarom meerdere malen in de rapportage terug. Informatie die meerdere keren in de publicatie aan de orde komt, is niet per definitie belangrijker dan de informatie die slechts eenmaal wordt besproken.

WEERGAVE VAN VERSCHILLENDE CATEGORIEËN VAN INFORMATIE

In de publicatie zijn verschillende categorieën van informatie opgenomen, zoals opvattingen van de auteur, opvattingen van wetenschappers, gegevens uit experimenten en gegevens uit incidentevaluaties. In hoofdstuk 1 en 4 en in de beschouwingen zijn voornamelijk opvattingen van de auteur weergegeven. In deel 3 zijn voornamelijk de overige drie informatiecategorieën opgenomen.

De tekst die is weergegeven met behulp van een extra brede linkermarge betreft informatie uit een experiment of een incidentevaluatie.

De opvattingen en bevindingen van wetenschappers zijn zonder extra brede linkermarge weergegeven en voorzien van een bronvermelding [auteur, jaartal].

TABELLEN IN DE BIJLAGEN

De ondersteunende tabellen, waarin de onderzoeksgegevens compact zijn weergegeven, zijn zo veel mogelijk opgenomen in de bijlagen (deel 4). De gegevens uit de tabellen zijn in deel 3 van de publicatie in tekst weergegeven.

DEEL I

OVERZICHT

HOOFDSTUK 1

CONCLUSIES

In dit hoofdstuk zijn de conclusies opgenomen. Eerst komen de algemene conclusies aan de orde. Vervolgens worden de conclusies voor ontwerpers en gebouwbeheerders besproken. Daarna volgen de conclusies voor beleidsmakers en ten slotte komen de conclusies voor onderzoekers aan de orde.

1.1 ALGEMENE CONCLUSIES

1.1.1 *Brandrisico*

Uit de huidige wetenschap is bekend dat de fatale branden voornamelijk plaatsvinden als mensen tijdens het ontstaan van de brand slapen, als mensen niet zelfstandig mobiel zijn en als er sprake is van een hoge bezettingsdichtheid. Voorbeelden van gebouwen met dergelijke kenmerken zijn discotheken, ziekenhuizen, hotels en woningen.

Tabel 1.1 is een beoordelingsmodel voor de risicocategorie van gebouwen. Dit beoordelingsmodel is gebaseerd op het model van Purser (2003). Het beoordelingsmodel voor de risicocategorie van gebouwen zou een basis kunnen zijn voor de bepaling van de benodigde brandveiligheidsmaatregelen in een gebouwwontwerp.

Het beoordelingsmodel betreft een eerste denkrichting en zal verder geoptimaliseerd moeten worden. In dit model van Purser (2003) lijkt namelijk dat een café of nachtclub in een relatief lage risicocategorie (3A) valt. Toch heeft wereldwijd een aantal rampzalige branden in dergelijke bijeenkomstgebouwen plaatsgevonden (zie hoofdstuk 7.1.4). Andere aspecten, zoals de brandbaarheid van de materialen in het gebouw, spelen ook een belangrijke rol, maar zijn nog niet in het model opgenomen.

Tabel 1.1 Beoordelingsmodel voor de risicocategorie van gebouwen

| Risiko- categorie | Gebruikersaspecten | | Gebouwaspecten | | |
|----------------------|---|------------|-----------------------|---------------------------------------|--|
| | Opmerk- zaamheid: wakend/ slapend | Bekendheid | Bezettings- niveau | Aantal ruim- ten/com- plexiteit | Gebruikstype |
| 1A | Slapend | Bekend | Laag | Weinig | Woning |
| 1B | Slapend, met verzorging | Bekend | Laag | Weinig | Serviceflat, aanleunwoning |
| 2A | Slapend | Onbekend | Laag | Veel | Hotel, hostel |
| 2B | Slapend, met medische verzorging of ingesloten | Onbekend | Laag | Veel / complex gebouw | Institutioneel woongebouw (ziekenhuis, gevangenis, etc.) |
| 3A | Wakend | Onbekend | Hoog | Eén of weinig | Bijeenkomst- gebouw (winkel, res- taurant, café, nachtclub, etc.) |
| 3B | Wakend | Onbekend | Hoog | Eén of weinig, met focuspunt | Bijeenkomst- gebouw (bios- coop, theater, etc.) |
| 3C | Wakend, transport | Onbekend | Hoog | Complex gebouw | Trein-/metro- station of vliegterminal |
| 4 | Wakend | Bekend | Laag | Eén of veel | Kantoor of industrieel gebouw |

Toelichting: Risicocategorie 1 kent het hoogste risico op fataliteit bij brand, risicocategorie 4 het laagste.

Op basis van de risicocategorie van gebouwen en het uitvoeringsniveau van gebouwkenmerken kan een inschatting gemaakt worden van de benodigde besluitvormingstijd van de aanwezigen in het gebouw. Purser maakt daarbij

onderscheid tussen drie categorieën gebouwkenmerken¹:

- brandmeld- en ontruimingsalarmsysteem;
- complexiteit van het gebouw;
- management in het gebouw.

1.1.2 Ontvluchting

Uit de literatuur is naar voren gekomen dat mensen bij een ontvluchting bij brand onder andere de volgende gedragingen laten zien:

- Mensen starten na het horen van een alarmsignaal niet direct met de ontvluchting, mensen starten wel snel met de ontvluchting wanneer aanvullende informatie over de gevaarsituatie wordt gegeven.
- Mensen lopen door rook als de eenmaal gekozen vluchtroute bedreigd wordt door rook.
- Mensen vluchten doorgaans via een bekende route. Veelal is dit de route waarlangs ze het gebouw zijn binnengekomen.
- Mensen vluchten niet per definitie via de kortste route. Mensen veranderen van vluchtroute, of keren terug als sprake is van verslechterende omgevingscondities.
- Mensen maken tijdens een noodsituatie nauwelijks gebruik van nooduitgangen die in de normale situatie ook niet gebruikt (mogen) worden.
- Mensen zijn eerder geneigd te springen als zij zich door brand bedreigd voelen (dit hoeft geen reële perceptie te zijn) dan te schuilen en te wachten op redding.
- Mensen houden een vrije ruimte aan bij het lopen langs wanden en door deuropeningen: de maximale doorstroomsnelheid van uitgangen is 60 pers/m/min.
- Mensen lopen in donkere of met rook gevulde ruimten niet in een rechte lijn, maar bewegen zich langs de wanden totdat een uitgang gevoeld wordt. Mensen lopen in donkere of met rook gevulde ruimten langzamer dan in verlichte en rookvrije ruimten.

Bij ontvluchting speelt de factor tijd een bepalende rol voor de veiligheid. Aan de ene kant is de ontwikkeling van gevaar gedurende een bepaalde tijd van belang (bedreigtijd²) en aan de andere kant speelt de snelheid van de verplaatsing van een bedreigde naar een veilige omgeving (vluchtijd³) een belangrijke rol.

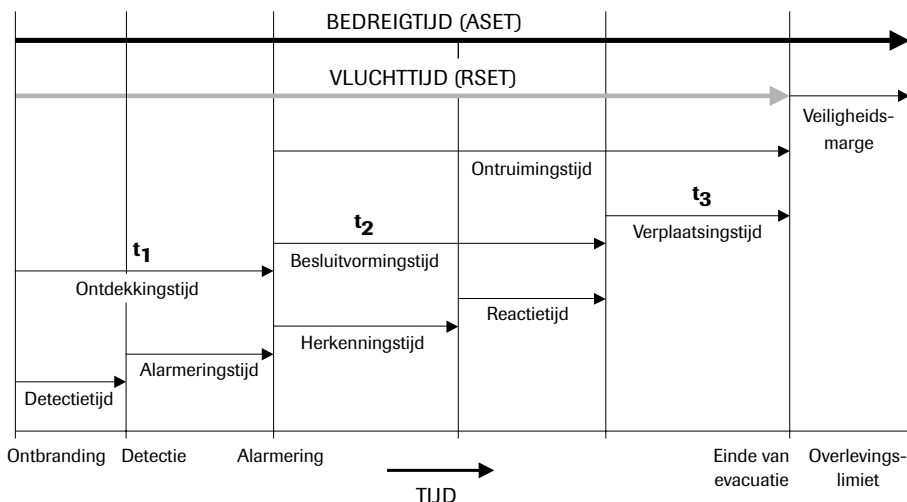
1. Zie verder deel 3, hoofdstuk 7.5.3.

2. ASET, Available Safe Egress Time.

3. RSET, Required Safe Egress Time.

De uitgangspunten in het beleid voor de bepaling van de vluchttijd in een gebouw zijn op onderdelen niet juist. Het normatief brandverloop, zoals in de Nederlandse bouwregelgeving wordt toegepast, is gezien de uitgangspunten géén weergave van de feitelijke bedreigtijd en vluchttijd als gevolg van het menselijk gedrag bij brand. Het Nederlandse brandveiligheidsbeleid is voornamelijk gebaseerd op de verplaatsingstijd, zoals in figuur 1.2 is gevisualiseerd met de lijn ' t_3 '.

Figuur 1.2 Tijdlijn bedreigtijd en vluchttijd [BSI, 2004]



In het beleid wordt de vluchttijd bepaald op basis van de standaard doorstroomcapaciteit van uitgangen⁴ en trappen enerzijds en de standaard vluchttijd van verdiepingen⁵ anderzijds. Verder gaat het beleid uit van een bepaalde reactietijd, zoals in figuur 1.2 is gevisualiseerd met de lijn ' t_1 '. Ook bij de reactietijd wordt uitgegaan van standaardwaarden, die onder andere afhankelijk zijn van de aanwezigheid van een brandmeldsysteem in het gebouw. Vervolgens is het uitgangspunt dat mensen na het ontdekken van een brand, bijvoorbeeld door het horen van een ontruimingssignaal, direct met de ontvluchting starten⁶. Uit incidentevaluaties blijkt dit echter niet het geval te zijn, zoals ook

4. Hierbij wordt een waarde van 90 pers/m uitgangsbreedte, of 135 pers/m uitgangsbreedte gehanteerd.

5. Hierbij wordt een waarde van 1 minuut per verdieping gehanteerd.

6. De aanname is dat mensen gemiddeld 30 seconden lang hun adem kunnen inhouden. Op basis van deze aanname is bij brand in een ruimte sprake van een trage reactie als de aanwezigen zich langer dan 30 seconden in een bedreigde omgeving bevinden, of dat de brand- en rookontwikkeling zodanig is dat de omgevingscondities als levensbedreigend beschouwd kunnen worden.

in figuur 1.2 is gevisualiseerd met de lijn 't₂'. Deze fase van het vluchtproces wordt in het normatief brandverloop buiten beschouwing gelaten. De tijd die aanwezigen in een gebouw nodig hebben om de brand te ontdekken en om het gevaar te onderkennen blijkt echter van grotere invloed te zijn op de tijd die nodig is voor de ontvluchting dan de feitelijke verplaatsingstijd.

Wat betreft de verplaatsing is de aanname dat mensen gemiddeld 30 seconden lang hun adem kunnen inhouden en een loopsnelheid hebben van 1 meter per seconde. In 30 seconden kan een persoon bij een loopsnelheid van 1 m/s een afstand van 30 meter afleggen. Op basis van deze aanname en de aanname dat mensen bij een ontvluchting via de kortste weg vluchten, is gesteld dat de loopafstand tot een uitgang van een rookcompartiment (lees: uitgang of nooduitgang) maximaal 30 meter mag zijn. Uit de literatuur blijkt echter dat de routekeuze niet is gerelateerd aan de werkelijke afstand, maar aan de perceptie van de afstand. Bovendien kiezen mensen doorgaans de bekende route en dat is veelal niet de kortste route.

De aspecten die van invloed zijn op de totale vluchttijd kunnen afgezet worden tegen de snelheid van de brandontwikkeling. In de literatuur worden verschillende snelheden van brandontwikkeling onderscheiden. Het Bouwbesluit maakt echter geen onderscheid in meerdere brandkrommen en brandscenario's. Met name de voorstelbare brandscenario's, met daarin opgenomen het menselijk gedrag in gebouwen, zouden de basis moeten vormen voor de te treffen brandveiligheidsmaatregelen in een gebouw. Veel fatale branden worden namelijk gekarakteriseerd door eerst een langzame en daarna exponentiële brandontwikkeling, een aanzienlijk vertraagde waarschuwing van de aanwezigen, een langzame reactietijd en een korte restperiode die overblijft voor een poging tot ontvluchting. Bij het ontwerpen van gebouwen zou daarom beter rekening gehouden kunnen worden met verschillende snelheden van brandontwikkeling zoals die in het betreffende ontwerp mogelijk kunnen plaatsvinden.

1.1.3 *Zelfredzaamheid bij brand*

Tot op heden wordt zelfredzaamheid bij brand in gebouwen veelal geassocieerd met mobiliteit; dit is het vermogen van mensen om zich, zonder hulp van anderen, uit een gebouw te verplaatsen. Uit de literatuur is echter naar voren gekomen dat ook andere factoren bepalend zijn voor de mate van zelfredzaamheid bij brand. Er is daarom een nieuwe interpretatie van de term 'zelfredzaamheid bij brand' noodzakelijk. In het onderstaande tekstkader is de nieuwe definitie van zelfredzaamheid bij brand weergegeven.

Zelfredzaamheid bij brand is het menselijk vermogen om signalen van gevaar waar te nemen en te interpreteren, en om beslissingen te nemen en uit te voeren die gericht zijn op het overleven van een brandsituatie.

Op hoofdlijnen zijn drie factoren bepalend voor de mate van zelfredzaamheid bij brand in een gebouw. Deze drie factoren zijn:

- gebouwkenmerken, bestaande uit:
 - fysieke kenmerken;
 - gebouwgebonden situatiekenmerken, die zijn gerelateerd aan de gebruiksaspecten van een gebouw;
- brandkenmerken;
- menskenmerken, bestaande uit:
 - persoonskenmerken van aanwezigen in een gebouw;
 - sociale kenmerken, die voortkomen uit de interactie tussen mensen onderling;
 - persoonsgebonden situatiekenmerken, die voortkomen uit omstandigheden die voor de individuen in een gebouw onderling kunnen verschillen.

1.1.4 Kritische factoren voor zelfredzaamheid

In de literatuur is gezocht naar de kritische factoren, betreffende de brandkenmerken, de menskenmerken en de gebouwkenmerken, die van invloed zijn op de zelfredzaamheid bij brand. In figuur 1.3 zijn per kenmerk de belangrijkste onderwerpen weergegeven.

Per kritische factor is een inschatting gemaakt van de mate van invloed op de zelfredzaamheid bij brand. Omdat de beschikbare kennis te beperkt is om de mate van invloed op kwantitatieve wijze te formuleren is de mate van invloed onderverdeeld in drie kwaliteitsniveaus:

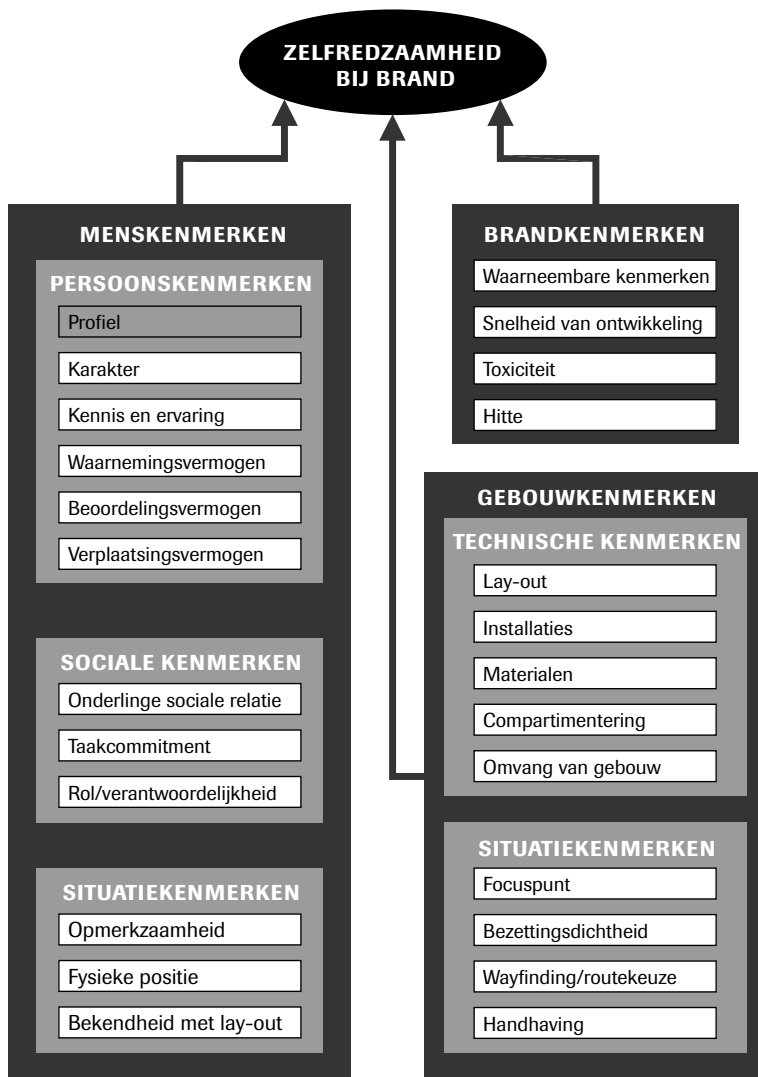
- positief, wat betekent dat de factor de overlevingskans bij brand vergroot;
- neutraal, wat betekent dat de factor geen invloed heeft;
- negatief, wat betekent dat de factor de overlevingskans bij brand verkleint.

Kritische factoren van brandkenmerken

De *waarneembare kenmerken* zijn onder te verdelen in zichtbare, ruikbare en hoorbare kenmerken⁷. De *zichtbare kenmerken* betreffen vlammen, de aantasting van wanden, vloeren en plafond (verzakking, roet) en rook. Deze zichtbare

7. Ook het voelen, bijvoorbeeld van een hoge temperatuur, is onderdeel van het menselijk waarnemingsvermogen. Uit de literatuur blijkt echter niet dat het voelen een sterke invloed heeft op het ontdekken van brand.

Figuur 1.3 Kritische factoren die de zelfredzaamheid bij brand bepalen



kenmerken kunnen voor de aanwezigen in een gebouw signalen van gevaar betekenen. Bovendien heeft rook de eigenschap dat deze het zicht vermindert en giftig (lees: dodelijk) is. De *ruikbare kenmerken* betreffen een typische brandlucht of een anderszins scherpe geur. De *hoorbare kenmerken* zijn het knisperend of knetterend geluid van brand en het geluid van objecten die vallen. De invloed van de zichtbare, ruikbare en hoorbare kenmerken op de zelfredzaamheid bij brand is in de fase van bewustwording afhankelijk van het waarnemingsvermogen van de aanwezigen. Als sprake is van een goed waarnemingsvermogen, dan is de invloed positief. Is daarentegen sprake van een

beperkt waarnemingsvermogen, dan is de invloed van de zichtbare, ruikbare en hoorbare kenmerken in eerste instantie neutraal.

De *snelheid van (brand- en rook)ontwikkeling* kan in de twee uiterste gevallen langzaam of snel zijn. Als op het moment van het ontdekken van de brand sprake is van een snelle (brand- en rook)ontwikkeling, is de invloed op de zelfredzaamheid bij brand negatief. Immers, bij een snelle ontwikkeling kan soms binnen een minuut sprake zijn van een fatale omgevingsconditie. Als op het moment van het ontdekken van de brand sprake is van een langzame ontwikkeling, is de invloed van de snelheid van ontwikkeling op de zelfredzaamheid afhankelijk van de toxiciteit van de verbrandingsgassen.

Een hoge temperatuur (*hitteniveau*) en een hoge mate van *toxiciteit* hebben een negatieve invloed op de zelfredzaamheid bij brand.⁸ Zowel de temperatuur als de toxiciteit wordt beïnvloed door de aanwezige materialen in de brandruimte en door de mate van ventilatie.

Kritische factoren van menskenmerken: persoonskenmerken

Bij *profiel* kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het *geslacht*, de *leeftijd* en het *beroep*. De mate van invloed van het geslacht en het beroep op de zelfredzaamheid bij brand is niet duidelijk, maar de invloed van het geslacht lijkt neutraal te zijn. De invloed van het beroep, of eigenlijk het wel of niet hebben van een leidinggevende functie, is mogelijk wel van invloed, maar dit is nog niet voldoende onderzocht. De invloed van de leeftijd is indirect, omdat deze van invloed is op het waarnemingsvermogen en de mobiliteit. Het profiel lijkt daarmee geen kritische factor te zijn voor de zelfredzaamheid bij brand.

Vanuit het *karakter* spelen drie eigenschappen een rol: is de persoon een volger of een leider, in hoge of lage mate stressbestendig en gelooft de persoon wel of niet in eigen kunnen? De invloed van de karaktereigenschap *volger* op de zelfredzaamheid bij brand is neutraal. De invloed van de karaktereigenschap *leider* op de zelfredzaamheid bij brand is in principe positief, als mensen de juiste beslissingen nemen. De invloed van de karaktereigenschappen *stressbestendigheid* en *geloof in eigen kunnen* is vanuit de literatuur over ontvluchting bij brand niet duidelijk. De verwachting is dat een lage mate van stressbestendigheid en een lage mate van geloof in eigen kunnen een negatieve invloed hebben. De verwachting is dat de invloed van een hoge mate van

8. Als een sprinklerinstallatie aanwezig is, en de installatie treedt vanwege de hoge temperatuur in werking, dan heeft de hitte een positieve invloed op de zelfredzaamheid bij brand. Het koelend effect van een sprinklerinstallatie heeft namelijk een negatieve invloed op de snelheid van brandontwikkeling (de brand blijft beperkt of wordt geblust) en daarmee een positieve invloed op de zelfredzaamheid bij brand.

stressbestendigheid en een hoge mate van geloof in eigen kunnen in principe⁹ positief is.

De *kennis en ervaring* van de persoon bepalen het vermogen om signalen van gevaar te interpreteren. De kennis en ervaring bestaan uit de *eerdere ervaring* met brand en/of ontvluchting en de *opleiding en training in brandveiligheid*. De informatie over de invloed van eerdere ervaringen, opleiding en training op de zelfredzaamheid bij brand is beperkt en bovendien niet eenduidig. De verwachting is dat kennis en ervaring in principe een positieve invloed hebben, als mensen de juiste beslissingen nemen.

Het *waarnemingsvermogen* is de persoonlijke eigenschap om signalen van gevaar te kunnen waarnemen. De aspecten van het waarnemingsvermogen zijn gerelateerd aan de brandkenmerken en zijn onder te verdelen in het *zichtvermogen*, het *hoorvermogen* en het *reukvermogen*. Als een persoon slechtziend, slechthorend of een beperking van het reukvermogen heeft, heeft dit een negatieve invloed op de zelfredzaamheid bij brand. De invloed van een hoog waarnemingsvermogen is in principe¹⁰ positief.

Het *beoordelingsvermogen* is de inschatting van de gevaarsdreiging. Een beperkt beoordelingsvermogen heeft een negatieve invloed op de zelfredzaamheid bij brand. De invloed van een hoog beoordelingsvermogen is niet uit de literatuur bekend geworden. Naar verwachting is de invloed in principe¹¹ positief.

Onder het *verplaatsingsvermogen* wordt de mobiliteit verstaan. Er zijn vier niveaus van mobiliteit te onderkennen, te weten een *hoog niveau* van mobiliteit, een *tijdelijk beperkt niveau* (slechte conditie, zwangerschap en dergelijke), een *permanent beperkt niveau* (rolstoelgebruikers en dergelijke) en een *hulpbehoevend niveau* (niet zelfstandig mobiel). Het niveau van hulpbehoevendheid heeft een negatieve invloed op de zelfredzaamheid bij brand. Ook de invloed van tijdelijke beperkingen is negatief. De informatie over de invloed van permanente beperkingen (mobiel gehandicapten) op de zelfredzaamheid bij brand is niet eenduidig, maar lijkt neutraal tot negatief te zijn. De invloed van een hoog niveau van mobiliteit op de zelfredzaamheid is in principe¹² positief.

9. De invloed is positief, mits mensen de juiste beslissingen nemen en zich kunnen verplaatsen.

10. De invloed is positief, mits mensen de juiste beslissingen nemen en zich kunnen verplaatsen.

11. De invloed is positief, mits mensen een goed waarnemingsvermogen hebben en zich kunnen verplaatsen.

12. De invloed is positief, mits mensen een goed waarnemingsvermogen hebben en de juiste beslissingen nemen.

Kritische factoren van menskenmerken: persoonsgebonden situatiekenmerken

De *opmerkzaamheid* is het vermogen om in een bepaalde situatie signalen van gevaar waar te nemen. Mensen hebben een laag niveau van opmerkzaamheid als zij bijvoorbeeld slapen of onder invloed zijn van alcohol, drugs of narcotica. Een laag niveau van opmerkzaamheid heeft een negatieve invloed op de zelfredzaamheid bij brand. De invloed van een hoog niveau van opmerkzaamheid is in principe¹³ positief.

De *fysieke positie* van de aanwezigen in een gebouw is passief als men staat, zit of ligt, en actief als men in beweging is. De informatie over de invloed van de fysieke houding op de zelfredzaamheid is beperkt. De indruk uit de literatuur is dat een actieve houding een positieve invloed heeft en dat een passieve houding een negatieve invloed heeft.

De invloed van de *bekendheid met de lay-out* op de zelfredzaamheid is niet eenduidig. Zo stelt de ene onderzoeker dat de bekendheid leidt tot het gemakkelijk vinden van de snelste route naar een veilige plaats, en stelt de andere onderzoeker dat de bekendheid leidt tot het kiezen van de bekende route en het negeren van alternatieve routes.

Kritische factoren van menskenmerken: sociale kenmerken

De *sociale relatie* tussen de aanwezigen in een gebouw is van invloed op het groepsgedrag. Wanneer sprake is van een sterke onderlinge sociale relatie, zoals bij familieleden, zullen de personen van begin tot eind als een groep reageren. Er is weinig bekend over het groepsgedrag van mensen die geen onderlinge sociale relatie hebben. Mogelijk zullen deze personen eerder geneigd zijn op individuele basis te reageren. De invloed van de sociale relatie op de zelfredzaamheid is niet duidelijk, maar lijkt negatief te zijn, omdat groepsleden eerder geneigd zijn op elkaar te wachten en terug het gebouw in te lopen om groepsleden te zoeken.

Er is sprake van *taakcommitment* als mensen vasthouden aan rolpatronen/rolverwachtingen. Een voorbeeld van een rolpatroon is de neiging om eerst het genoten diner te betalen voordat men een restaurant uit vlucht. Een sterke mate van taakcommitment heeft een negatieve invloed op de zelfredzaamheid van de aanwezigen in een gebouw. De invloed van een lage mate van taakcommitment is niet duidelijk, maar lijkt positief te zijn, omdat men mentaal eerder in staat is te reageren.

13. De invloed is positief, mits mensen de juiste beslissingen nemen en zich kunnen verplaatsen.

De *rol* van de aanwezigen in een gebouw (personeel, bezoeker, bewoner) en de *verantwoordelijkheid* die deze rol met zich meebrengt, hebben invloed op de zelfredzaamheid bij brand. Personen die vanwege hun rol/functie verantwoordelijk zijn voor de organisatie in een gebouw, zoals serveersters, receptiionisten, afdelingsmanagers en dergelijke, zullen geneigd zijn deze verantwoordelijkheid ook tijdens noodsituaties op zich te nemen. Een sterk gevoel van verantwoordelijkheid heeft in principe een positief effect op de zelfredzaamheid van de andere aanwezigen in het bedreigde gebied, als mensen de juiste beslissingen nemen. Er zijn aanwijzingen dat een sterk gevoel van verantwoordelijkheid echter een negatieve invloed heeft op de eigen zelfredzaamheid bij brand. Een laag gevoel van verantwoordelijkheid heeft een negatieve invloed op de eigen zelfredzaamheid en op die van de andere aanwezigen in het bedreigde gebied.

Een bijzondere *rol* en *verantwoordelijkheid* is die van een bedrijfshulpverlener. Een goed opgeleide en getrainde *bedrijfshulpverleningsorganisatie* heeft in principe een positief effect op de zelfredzaamheid van de aanwezigen in een gebouw. Het ontbreken van een bedrijfshulpverleningsorganisatie of een slecht opgeleide en getrainde bedrijfshulpverleningsorganisatie heeft een negatief effect op de zelfredzaamheid bij brand.

Kritische factoren van gebouwenkenmerken: fysieke kenmerken

De *lay-out* betreft de indeling en vormgeving van het gebouw. Onderdelen van de *lay-out* zijn de vluchtrouteaanduiding, de uitgangen, de vluchtroute en de trappen. De huidige uitvoering van de *vluchtrouteaanduidingen* heeft geen invloed op de zelfredzaamheid bij brand. Als de *uitgang* een bekende uitgang is en de *vluchtroute* naar deze uitgang is brandveilig uitgevoerd, dan is de invloed van de uitgang positief. Als de uitgang een bekende uitgang is en de vluchtroute naar deze uitgang is daarentegen niet brandveilig uitgevoerd of de uitgang is afgesloten (zelfs al is het met een noodontgrendeling), dan is de invloed van de uitgang negatief. De invloed van een onbekende (nood) uitgang is negatief, omdat mensen deze (nood)uitgangen veelal negeren en meer mensen gebruikmaken van de bekende uitgangen dan vooraf door de architect is berekend. De beschrijving van de invloed van de uitgangen is ook van toepassing op *trappenhuizen*.

De *installaties* zijn onder te verdelen in roltrappen en liften, brandmeld- en ontruimingsalarminstallatie, noodverlichting en sprinklersysteem. De invloed van *roltrappen* en *liften* is nog niet voldoende onderzocht, maar lijkt positief te zijn, mits de installaties en aanvullende voorzieningen brandveilig zijn uitgevoerd. De invloed van een *brandmeld- en ontruimingsalarminstallatie* in een woning is in principe positief. In een andere gebruikstype dan woningen is de invloed van een brandmeld- en ontruimingsalarminstallatie afhankelijk van

de acties van de bedrijfshulpverleningsorganisatie. Een brandmeld- en ontruimingsalarminstallatie met een gesproken bericht lijkt een positieve invloed te hebben op de zelfredzaamheid bij brand. De huidige uitvoering van *noodverlichting* is nog niet voldoende onderzocht, maar lijkt vanwege het lage verlichtingsniveau een negatieve invloed te hebben op de zelfredzaamheid bij brand. Een *sprinklerinstallatie* heeft een positieve invloed op de zelfredzaamheid bij brand, omdat deze een negatieve invloed heeft op de snelheid van brandontwikkeling (de brand blijft beperkt of wordt geblust).

Bij *materialen* valt te denken aan de materialen die gebruikt zijn voor de constructie, de afwerking en de inrichting van het gebouw. Materialen die ontvlambaar zijn en/of in sterke mate rook en verbrandingsgassen produceren (zoals kunststoffen en schuimrubbers) hebben een negatieve invloed op de zelfredzaamheid. Materialen die nauwelijks ontvlambaar zijn, hebben een positieve invloed op de zelfredzaamheid. Als sprake is van een zich ontwikkelende brand, hebben materialen die nauwelijks ontvlambaar zijn maar bij hitte wel vervormen of ontgassen, een negatieve invloed op de zelfredzaamheid. Materialen die nauwelijks ontvlambaar zijn en bij hitte nauwelijks vervormen of ontgassen (zoals beton) hebben een positieve invloed op de zelfredzaamheid.

Compartimentering betreft de fysieke barrière voor branduitbreiding en rookverspreiding. Als de compartimentering goed is uitgevoerd, heeft deze een positieve invloed op de zelfredzaamheid van de mensen die zich buiten het compartiment bevinden. Een slechte uitvoering van de compartimentering heeft een negatieve invloed op de zelfredzaamheid van de mensen die zich buiten het compartiment bevinden. Een goede of slechte uitvoering van compartimentering heeft geen invloed op de zelfredzaamheid van de mensen in het brandende compartiment.¹⁴

Er is geen informatie aangetroffen over de invloed van de *omvang van het gebouw* op de zelfredzaamheid bij brand. Wel is naar voren gekomen dat mensen in een omvangrijk gebouw het signaal van een brandmeld- en ontruimingsalarminstallatie negeren. Verder is de wayfinding in een omvangrijk gebouw naar verwachting complex. Als de omvang van het gebouw groot is, lijkt de omvang een negatieve invloed te hebben op de zelfredzaamheid bij brand.

14. Vergelijk hierbij de invloed van een sprinklerinstallatie. Een sprinklerinstallatie heeft in tegenstelling tot fysieke compartimentering wel invloed op de zelfredzaamheid van de mensen die zich in het brandende gebied bevinden.

Kritische factoren van gebouwenmerken: gebouwgebonden situatietekenen

Een hoge bezettingsdichtheid heeft een negatieve invloed op de zelfredzaamheid bij brand. De invloed van een lage bezettingsdichtheid is niet duidelijk, maar lijkt in principe positief te zijn, als mensen de juiste beslissingen nemen.

Er is sprake van een *focuspunt* als een groep mensen de aandacht richt op een centraal punt, zoals bijvoorbeeld in een theater, een bioscoop of een leslokaal. De invloed van het focuspunt is afhankelijk van het gedrag van de persoon (of personen) op wie de aandacht gericht is. In principe is de invloed positief als de persoon (of personen) op wie de aandacht is gericht de juiste beslissingen neemt.

Er is sprake van een hoog gemak van *wayfinding* als de lay-out van het gebouw overzichtelijk is, waardoor mensen gemakkelijk de weg kunnen vinden. Een laag gemak van wayfinding heeft een negatieve invloed op de zelfredzaamheid bij brand. De invloed van een hoog niveau van wayfinding op de zelfredzaamheid bij brand is nog niet onderzocht. De verwachting is dat een hoog gemak van wayfinding in principe een positieve invloed heeft op de zelfredzaamheid bij brand.

Bij *handhaving* gaat het om de functionaliteit van brandpreventieve maatregelen. De werking van getroffen brandpreventieve maatregelen, zoals rookcompartimentering en nooduitgangen, is essentieel om bij brand veilig te kunnen vluchten. De invloed van de handhaving van de in de wetgeving geëiste brandpreventieve maatregelen op de zelfredzaamheid is niet expliciet onderzocht. Ervan uitgaande dat de geëiste brandpreventieve maatregelen een positief effect hebben op de zelfredzaamheid bij brand, kan gesteld worden dat een slechte handhaving een negatieve invloed heeft op de zelfredzaamheid bij brand. Geredeneerd vanuit hetzelfde uitgangspunt heeft een goede handhaving in principe een positieve invloed.

De weging van de kritische factoren

De zelfredzaamheid bij brand wordt beïnvloed door de samenhang tussen de kritische factoren onderling. Als iemand (of een gebouwwontwerp) op de ene factor positief scoort, bijvoorbeeld het waarnemingsvermogen, maar op de andere negatief, bijvoorbeeld het verplaatsingsvermogen, dan zal het totale oordeel alsnog negatief kunnen uitvallen. Hierbij is de weging van de verschillende kritische factoren bepalend.

De vaststelling van de kritische factoren en de invloed op de mate van zelfredzaamheid bij brand (zij het in algemene termen) is een eerste stap in de richting van een wetenschappelijke beoordeling van de vluchtveiligheid van een gebouwwontwerp. Een tweede stap kan bestaan uit de vaststelling van

de onderlinge weging van de factoren. De huidige kennis van de brandveiligheidskunde is te beperkt om per kritische factor de weging ten opzichte van de andere kritische factoren te kunnen benoemen. Een uitvoerige studie naar de onderlinge weging is echter zeer zinvol, omdat deze kan resulteren in een bepalingsmethode voor de mate van zelfredzaamheid in afzonderlijke gebouwwontwerpen en daarmee voor de mate van vluchtveiligheid van het betreffende gebouwwontwerp. De weging van de kritische factoren biedt zeker voordelen voor een onderbouwing van oplossingen vanuit *fire safety engineering*, met name wanneer de probabilistische benadering van brandveiligheid wordt toegepast. De onderlinge weging van de kritische factoren kan zeer waarschijnlijk bepaald worden op basis van gedragsexperimenten (die specifiek gericht zijn op de onderlinge waardebeoordeling van de kritische factoren).

1.2 CONCLUSIES VOOR ONTWERPERS EN GEBOUWBEHEERDERS

1.2.1 *Invloed van gebouwwoorzieningen op zelfredzaamheid bij brand*

Uit de literatuur is naar voren gekomen dat de huidige uitvoering (en/of handhaving) van onder andere de volgende voorzieningen een *neutrale of negatieve invloed* heeft op de zelfredzaamheid bij brand:

- (huidige uitvoering van) vluchtrouteaanduidingen, want mensen zijn zich bij brand nauwelijks bewust van de aanwezigheid hiervan;
- (huidige uitvoering van) noodverlichting, want mensen ervaren deze als donker;
- (huidige uitvoering van) het ontruimingsalarm, want zonder gesproken bericht en zonder opvolging van een bedrijfshulpverleningsorganisatie reageren mensen nauwelijks;
- (huidige uitvoering van) nooduitgangen, in het bijzonder nooduitgangen met een noodontgrendeling, want mensen vluchten via de bekende uitgangen;
- draairichting van uitgangen, want wanneer deuren tegen de vluchtrichting in draaien, leidt dit tot opstoppen of tot fataliteit;
- uitgangen die slechts vanaf één zijde te openen zijn, want hierdoor is het bijvoorbeeld niet mogelijk terug te gaan naar de verdieping als het trappenhuis vol rook staat;
- brandbare materialen, met name kunststoffen en schuimrubbers, want bij de verbranding van dergelijke oliehoudende materialen komen (zeer veel) giftige stoffen en zichtbelemmerende rook vrij;
- fysieke brand- en rookcompartimentering, want de faalkans lijkt zeer hoog te zijn.

Uit de literatuur is naar voren gekomen dat onder andere de volgende voorzieningen een *positieve invloed* hebben op de zelfredzaamheid bij brand:

- aanvullende informatie tijdens het incident over hoe te handelen in de betreffende noodsituatie,¹⁵ want daardoor kan de effectiviteit van het menselijk handelen vergroot worden;
- een goed getrainde bedrijfshulpverleningsorganisatie, want daardoor reageren mensen sneller;
- ontruimingsalarm met gesproken bericht, want dit leidt tot een snellere reactie van mensen;
- gebruik van (brandveilige) roltrappen en liften, want mensen willen doorgaans vluchten via de route die zij genomen hebben bij binnenkomst;
- rookvrije uitvoering van de route naar de hoofduitgang, want rook heeft een zeer negatieve invloed op de mogelijkheid van het overleven van een brand;
- sprinklersysteem, want de faalkans lijkt zeer laag te zijn en bovendien wordt de gevaarsdreiging tot een minimum beperkt.

De werking van getroffen brandpreventieve maatregelen in een gebouw is essentieel om bij brand veilig te kunnen vluchten. Met name rook in de vluchtroute kan dodelijk zijn. In de praktijk blijkt het slecht gesteld te zijn met de handhaving van de functionaliteit van brandpreventieve maatregelen. De betrokken partijen, waaronder gebouweigenaren en bouwers, zouden echter meer aandacht moeten besteden aan de juiste uitvoering van de brandpreventieve voorzieningen in de praktijk en aan het onderhoud van de aanwezige voorzieningen.

1.2.2 *Bedreiging door brand (brandgevaar)*

De snelheid van de brandontwikkeling is een gevaar dat mensen moeilijk kunnen inschatten. Veel mensen reageren daardoor te laat op de eerste verschijnselen van brand. Rook vormt daarna het grootste gevaar bij brand. Rook is namelijk giftig en werkt verstikkend. Uit brandtesten blijkt dat kunststoffen en schuimrubbers enerzijds een snelle afbrandsnelheid¹⁶ hebben en anderzijds hevige rook produceren. De toepassing van brandbare kunststoffen en schuimrubbers zou in gebouwen met een hoog brandrisico daarom zo veel mogelijk beperkt moeten worden. Verder speelt in gebouwen met een hoog brandrisico de juiste (rook)compartimentering een belangrijke rol.

15. Vergelijk de evaluaties van de brand in het MGM Grand Hotel (Las Vegas, 1980) en drie maanden later in het hotel Las Vegas Hilton (Las Vegas, 1981). Zie voor de twee incidentevaluaties hoofdstuk 6.2.2.

16. Brandkromme van een ultrasnelle brand, zie figuur 5.2 in hoofdstuk 5.1.

Rookcompartimentering moet ervoor zorgen dat de spreiding van de rook door het gebouw zeer beperkt blijft.

De bedreiging door brand kan worden beperkt door de brand zo klein mogelijk te houden. Om de uitbreiding van brand te beperken wordt een gebouw doorgaans opgedeeld in fysieke (sub)brandcompartimenten. Het effect van een sprinklerinstallatie heeft echter een grotere invloed op de overlevingskans bij brand dan het effect van fysieke brandcompartimentering.¹⁷ Een sprinkler kan een brand in een zeer vroeg stadium beperkt houden of zelfs blussen. Een brand in een brandcompartiment blijft zich verder ontwikkelen, waarbij de temperatuur in het compartiment snel oploopt en steeds meer giftige rook vrijkomt. De omgevingscondities verslechteren daardoor snel, waardoor de kans op overleven sterk afneemt. Het effect van een sprinklerinstallatie is dat de omgevingscondities zodanig blijven dat een brand overleefd kan worden. Bovendien lijkt de faalkans van fysieke brandcompartimentering relatief veel hoger te zijn dan de faalkans van een sprinklerinstallatie. Gebouwen met een hoog brandrisico zouden daarom voorzien moeten worden van een sprinklerinstallatie.

1.2.3 *Wayfinding*

Wayfinding richt zich op de oriëntatie in gebouwen en of de aanwezigen in staat zijn snel onbekende bestemmingen te vinden. Om de wayfinding in gebouwen te bevorderen moeten de uitvoeringen van de omgevingsvariabelen die de wayfinding beïnvloeden effectief zijn. Er zijn vijf categorieën omgevingsvariabelen die de wayfinding beïnvloeden:

- visuele bereik;
- mate van architectonische differentiatie;¹⁸
- gebruik van bewegwijzering en locatieaanduiding;
- indeling van de plattegrond;
- bekendheid met het gebouw.

Incidentevaluaties en experimenten lijken aan te tonen dat de huidige uitvoering van vluchtrouteaanduidingen niet of nauwelijks van invloed is op de routekeuze bij ontvluchting. Alternatieve uitvoeringen van vluchtrouteaanduiding in gebouwen zijn:

- geluidsbakens;
- fotoluminescente pictogrammen in vloeren;
- fotoluminescente pictogrammen op wanden;

17. Zie figuur 5.1 in hoofdstuk 5.1.

18. Hiermee wordt bedoeld op de aanwezigheid van unieke gebouwkenmerken die bij de oriëntatie gebruikt kunnen worden.

- stroboscopische lichtbakens bij vluchtdeuren;
- led-lichtslangen in vloeren en wanden met een dynamisch verlichtingspatroon (lopende lichten).

Uit incidentevaluaties blijkt dat nooduitgangen die in de normale situatie niet gebruikt (mogen) worden, ook tijdens een noodsituatie niet gebruikt worden. Dit geldt met name voor uitgangen die vergrendeld zijn met voorzieningen om het 'oneigenlijk gebruik' in normale situaties tegen te gaan; denk hierbij aan (groene) ontgrendelingskastjes naast de nooduitgang en uitgangen die aangesloten zijn op een alarmsignaal. Maar ook ogenschijnlijk uitnodigende nooduitgangen worden in geval van een noodsituatie nauwelijks gebruikt. Een pragmatische oplossing is om alle benodigde uitgangen niet als een nooduitgang maar als een normale uitgang uit te voeren en te gebruiken.

In hoge(re) gebouwen is extra aandacht nodig voor de compartimentering van alle trappen die in een gebouw aanwezig zijn, en niet alleen van noodtrappenhuizen. Mensen vluchten namelijk doorgaans via de hoofdingang, ook als de hoofdtrap zich in een atrium bevindt en/of niet is afgeschermd tegen de levensbedreigende effecten van brand. In (zeer) hoge gebouwen verplaatsen mensen zich in normale situaties doorgaans via de lift en nauwelijks via trappen. Daardoor is de bekendheid met de trappenhuizen niet erg groot.

De ervaringen uit incidenten maken duidelijk dat extra aandacht nodig is voor de uitvoering en het gebruik van trappenhuizen. Met name de hoofdtrap in een gebouw, waarmee de meeste aanwezigen in een gebouw bekend zijn, moet zodanig zijn uitgevoerd dat de trap niet door rook en hitte zal worden geblokkeerd. Bij trappen in een atrium kan dit problematisch zijn. De methode om een dergelijke trap buiten de vluchttijdberekening te houden biedt geen oplossing, aangezien mensen veelal via deze trap het gebouw binnenkomen en daarmee naar verwachting in geval van brand ook via deze trap zullen vluchten.

Uit incidentevaluaties blijkt dat de doorstroomsnelheid in trappenhuizen veelal laag is. De doorstroomsnelheid in trappenhuizen is doorgaans bepalend voor de totaal benodigde verplaatsingstijd. In noodsituaties is het daarom noodzakelijk dat alle trappenhuizen (die in een vluchttijdberekening zijn meegenomen) op veilige wijze gebruikt kunnen worden. Om een trappenhuis te kunnen gebruiken zijn de volgende punten van belang:

- De grootte van het trappenhuis moet zijn afgestemd op de maximale bezettingsdichtheid.
- Er moet voldoende ruimte beschikbaar zijn waar mensen veilig kunnen wachten, totdat zij kunnen invoegen in de neergaande stroom vluchtende personen.
- Bij brand mogen er geen rook en hitte in het trappenhuis aanwezig zijn.

1.2.4 *Bedrijfshulpverlening*

Er zijn sterke aanwijzingen dat het adequaat optreden van gebouwpersoneel van grote invloed is op het overleven van een brand. Deze acties kunnen bestaan uit het assisteren van de vluchtende personen bij het vinden van de juiste vluchtroute. Uit de gegevens van de reactietijden in kantoorgebouwen en winkels blijkt dat het gedrag van het personeel in het gebouw een zeer belangrijke invloed heeft op de reactietijd. Zo is in geval van een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie de reactietijd ongeveer tienmaal sneller dan wanneer er geen sprake is van een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie. De reactietijden zijn echter nog nauwelijks goed beschreven en gekwantificeerd. Op basis van incidentevaluaties kan aangenomen worden dat de reactietijden in hotels en woongebouwen vele malen langer zijn dan in gebouwen waarin niet geslapen wordt. Er is echter behoefte om deze aanname te kwantificeren.

Een belangrijk uitgangspunt bij de invoering van de nieuwe Arbeidsomstandighedenwet 2007 is dat de werkgever zelf meer ruimte krijgt, en moet nemen, voor de invulling van de organisatie van de bedrijfshulpverlening. De risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) die elk bedrijf moet hebben, is daarbij het primaire uitgangspunt.

1.3 CONCLUSIES VOOR BELEIDSMAKERS

1.3.1 *Noodzakelijke ontwikkelingen voor beleid*

De uitgangspunten van het huidige beleid voor brandveiligheid en de aannames over het menselijk gedrag bij brand komen niet overeen met het werkelijke gedrag bij brand. Dit heeft grote consequenties voor de brandveiligheid van gebouwen. Om het beleid te laten aansluiten bij het werkelijke gedrag van mensen bij brand is een drietal ontwikkelingen nodig. Allereerst is een psychonomische benadering van brandveiligheid gewenst. Om passende brandveiligheidsmaatregelen te kunnen treffen en om het gestelde beleid te kunnen evalueren is het verder nodig om met doelkwantificering meetbare doelen te stellen. Ten slotte is het vanuit kosten-batenoverwegingen gewenst de brandveiligheid vanuit een probabilistisch oogpunt te benaderen.

Psychonomische benadering

In het huidige beleid staat de technische werking van gebouwkenmerken centraal en niet het gedrag van de mens. Om de zelfredzaamheid bij brand te kunnen realiseren is het nodig dat bij de bepaling van de brandveiligheid van een gebouwwontwerp wordt uitgegaan van een psychonomische benadering.

Dit betekent dat de uitgangspunten voor brandpreventieve maatregelen gebaseerd moeten zijn op de interactie tussen het menselijk gedrag en de gebouwenmerken. Hieronder worden een aantal voorbeelden van aanbevolen brandpreventieve maatregelen gegeven:

- Ga in ontruimingsberekeningen uit van een besluitvormingstijd en geef in het beleid meer aandacht aan de inrichting, opleiding en training van bedrijfshulpverlening.
- Ga in het beleid uit van de minimale zichtlengtes in met rook gevulde ruimten. De zichtlengte moet ten minste tien meter zijn voor mensen die bekend zijn met de vluchtroute. Voor mensen die niet bekend zijn met de vluchtroute moet de zichtlengte ten minste 15-20 meter zijn. Vergroot bovendien bij burgers het beoordelingsvermogen met betrekking tot brand. Hierbij kan gedacht worden aan voorlichting die gericht is op de gevaarsperceptie en de handelingsmogelijkheden.
- Er zou *geen* onderscheid gemaakt moeten worden tussen normale uitgangen en nooduitgangen. Alle uitgangen die in een ontruimingsberekening worden meegenomen, moeten in het dagelijks gebruik ook als uitgang gebruikt worden.
- In ontruimingsberekeningen moet rekening worden gehouden met de te verwachten vluchtroute en niet met de kortste vluchtroute.
- Ga in ontruimingsberekeningen *niet* uit van een wachtperiode.
- Houd in ontruimingsberekeningen rekening met de effectieve breedte (zoals door Pauls is aangegeven¹⁹) en ga uit van een maximale doorstroomsnelheid van 60 pers/m/min voor uitgangen.
- Houd in ontruimingsberekeningen rekening met een vertraagde loop-snelheid in gebieden die door brand en rook worden bedreigd en/of waar sprake is van een relatief laag verlichtingsniveau, zoals het lage niveau van noodverlichting.

Voorlichting en training lijkt een onderbelicht aspect op het gebied van brandveiligheid te zijn. De indruk is dat dit aspect wel degelijk van invloed kan zijn op de zelfredzaamheid bij brand. De aanbeveling is om burgers voor te lichten en te trainen in het uitvoeren van levensreddende handelingen in geval van nood. Het kunnen inschatten van de gevaarssituatie vormt hier een onderdeel van, evenals het kunnen vinden van de dichtstbijzijnde nooduitgang en het verlenen van eerste hulp aan zichzelf en aan anderen. De training van levensreddende handelingen (bij brand) zou onderdeel moeten zijn van het lespakket binnen het basis- en middelbare onderwijs. Verder zou personeel in risicovolle gebouwen voorgelicht moeten worden over veilig vluchten en getraind moeten worden in het uitvoeren van levensreddende handelingen (bij brand).

19. Zie tabel 7.3 in hoofdstuk 7.5.3.

Doelkwantificering

Bij doelkwantificering gaat het om het meetbaar maken van de beleidsdoelstellingen. De eerste aanbevolen beleidsontwikkeling is om doelvoorschriften op te stellen. Deze doelvoorschriften zijn aanvullend op de bestaande prestatie-eisen. De meetbare beleidsdoelstellingen zijn onder te verdelen in doelstellingen op macroniveau en doelstellingen op microniveau. Bij doelstellingen op macroniveau kan worden gedacht aan een maximaal aantal branden per gebouwvoorraad per jaar, een maximaal aantal dodelijke brandslachtoffers per aantal inwoners per jaar, een maximaal aantal brandslachtoffers met ernstig letsel per aantal inwoners per jaar enzovoort. Bij doelstellingen op microniveau kan worden gedacht aan meetbare condities in relatie tot de bedreigtijd (zie tekstkader in hoofdstuk 5.3), het maximaal aantal personen dat zich in een door brand bedreigd gebied mag bevinden, de maximale oppervlakte die door brand bedreigd mag raken en dergelijke. Deze doelstellingen op microniveau moeten met behulp van doelvoorschriften losgekoppeld kunnen worden van pragmatische oplossingen.

De tweede aanbevolen beleidsontwikkeling in het kader van doelkwantificering is om 'veel toegepaste' en 'landelijk geaccepteerde' oplossingen voor het realiseren van doelvoorschriften uit te werken in middelvoorschriften. Denk hierbij aan de oplossingen 'compartimentering' of 'toepassing van een sprinklersysteem' om de doelstelling van de maximale door brand bedreigde oppervlakte te kunnen realiseren. Hierbij kunnen de oplossingen, evenals in de huidige prestatie-eisen in het Bouwbesluit, gekoppeld worden aan gebouwtypen (onderverdeeld naar brandrisico). Deze middelvoorschriften²⁰ kunnen als vergelijkingsmateriaal dienen voor het bepalen van de gelijkwaardigheid van een alternatieve oplossing.

De aanbeveling is om bij de keuze van ontwerp oplossingen gebruik te maken van een maatschappelijke kosten-batenanalyse (mKBA). De toepassing van een mKBA zou in een handleiding voor gelijkwaardigheid opgenomen kunnen worden. Verder is de aanbeveling om in het huidige beleid op basis van een mKBA de effecten en de faalkans van fysieke compartimentering af te wegen tegen de effecten en de faalkans van een sprinklerinstallatie. Deze afweging zou gedaan kunnen worden uit zowel het oogpunt van zelfredzaamheid bij brand als het oogpunt van schadebeperking.

20. Er kan gebruik worden gemaakt van (een deel van) de huidige prestatie-eisen in het Bouwbesluit. Het is bij *performance-based* regelgeving (doelkwantificering) mogelijk voor standaardgebouwen standaardoplossingen (eisen) voor te schrijven. Hiermee worden de doelvoorschriften via middelvoorschriften uitgewerkt in *prescriptieve* oplossingen. Lundin (2005) noemt dit een *prescriptieve* ontwerp methode, zie verder hoofdstuk 4.3.1.

Probabilistische benadering

De benadering van brandveiligheid op basis van risico's is een probabilistische benadering. Hierbij spelen kansen en effecten (die samen het risico vormen) een bepalende rol. Om deze benadering goed te kunnen toepassen is het nodig betrouwbare informatie over kansen op en effecten van brand te inventariseren. Hiervoor is het noodzakelijk om brandonderzoek uit te voeren. De gegevens uit het brandonderzoek zullen in een centrale database voor incidentevaluaties verzameld moeten worden. De gegevens uit deze database kunnen vervolgens worden toegepast bij de bepaling van vluchttijden bij *fire safety engineering* en bij het maken van wetgeving.

In de database moet onder andere informatie worden opgenomen over het aantal incidenten per jaar, de (positieve en negatieve) effecten van brandpreventieve maatregelen, het aantal vluchtende personen bij de brand, het aantal dodelijke slachtoffers, het aantal gewonden, de ernst van de verwonding, de vluchttijd, de besluitvormingstijd en dergelijke. De omstandigheden (effect van brand op mens) van vluchtende personen die een brand hebben overleefd geven informatie over de zelfredzaamheid. Deze informatie kan verzameld worden door bij incidentevaluaties de overlevenden van een brand te interviewen en/of een 'vluchtevaluatieformulier' te laten invullen. Voor de ontwikkeling van dergelijke vragenlijsten kan mogelijk worden aangesloten bij de methode die in de internationale database HEED²¹ wordt toegepast.

In de huidige praktijk van ontwerpers en bouwplantoetsers/beleidschouders ligt de aandacht voor een belangrijk deel op de 'ingewikkelde' gebouwontwerpen, zoals waarin gebruikgemaakt wordt van gelijkwaardige oplossingen. Aan de brandveiligheid in woningen en (bijzondere) woongebouwen wordt nauwelijks aandacht besteed, terwijl dit gebouwen zijn met een hoog brandrisico. Andere gebouwen met een hoog brandrisico zijn logiesgebouwen, verzorgingsgebouwen, cellengebouwen en bijeenkomstgebouwen met een (tijdelijk) hoge bezettingsdichtheid.

Met betrekking tot tijdelijke gebouwen valt te betwisten of economische motieven zwaarder wegen dan de veiligheid van de mensen die in deze gebouwen aanwezig zijn. Met name de trend om de voorschriften voor tijdelijke gebouwen toe te passen op gebouwen waarin wordt geslapen en/of waarin kleine kinderen of ingeslotenen aanwezig zijn, zou gestopt moeten worden. De combinatie van een relatief laag niveau van brandveiligheid en een verhoogd risico op fataliteit bij brand is zeer ongewenst.

21. High-rise Evacuation Evaluation Database.

1.3.2 *Bedreiging door brand (brandgevaar)*

In het Bouwbesluit zijn bepalingen opgenomen voor de classificatie van het brandgedrag van (afwerkings)materialen in verblijfsgebieden en in vluchtroutes. Er zijn echter belangrijke knelpunten bij deze bepalingen voor het brandgedrag. Het belangrijkste knelpunt is dat alleen de brandbaarheid en de mate van rookontwikkeling worden beoordeeld. De mate van toxiciteit wordt daarentegen niet beoordeeld. Bovendien wordt bij de beoordeling van de brandbaarheid van materialen slechts gekeken naar de mate van brandbaarheid bij blootstelling aan een ontstekingsbron met een lage intensiteit²² gedurende een paar minuten. Dit zegt echter niets over de mate van brandbaarheid bij blootstelling aan de stralingsintensiteit van een eenmaal ontstane brand.

Overigens wordt in het Bouwbesluit door middel van de 'rookgetallen' van toegepaste materialen wel ingegaan op de effecten van rook op het zicht tijdens de ontvluchting. Op basis van de testresultaten uit experimenten naar het loopgedrag in met rook gevulde ruimten is gesteld dat de zichtlengte ten minste tien meter moet zijn voor mensen die bekend zijn met de vluchtroute. Voor mensen die niet bekend zijn met de vluchtroute moet de zichtlengte ten minste 15-20 meter zijn.

Fatale branden komen voornamelijk in woningen voor. Wanneer brand ontstaat in gestoffeerd meubilair (bankstellen, stoelen, bedden) is de kans groot (35-51%) dat de aanwezigen de brand niet overleven. Nadat in Groot-Brittannië en de Verenigde Staten regelgeving is ingevoerd voor de brandvertragendheid van gestoffeerd meubilair, is het aantal slachtoffers, zowel doden als gewonden, bij woningbranden sterk gedaald. Het verdient daarom aanbeveling eisen te stellen aan de brandvertragendheid van gestoffeerd meubilair in gebouwen met een hoog brandrisico.

Een sprinklersysteem heeft voordelen ten opzichte van fysieke compartimentering. Zo lijkt de faalkans van fysieke compartimentering relatief veel hoger te zijn dan de faalkans van een sprinklerinstallatie. Bovendien heeft het effect van een sprinklerinstallatie, namelijk het in een zeer vroeg stadium beperkt houden van de brand of zelfs het blussen van de brand, een grotere invloed op de overlevingskans bij brand dan het effect van fysieke compartimentering.²³ Aangezien sprinklerinstallaties met name in gebouwen met een hoog brandrisico levens kunnen redden,²⁴ is vanuit de veiligheid beschouwd de aanbeve-

22. Te vergelijken met het aansteken van materiaal met behulp van een brandend luciferhoutje.

23. Zie figuur 5.1 in hoofdstuk 5.1.

24. Experimenten na een brand in The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003) tonen aan dat de toepassing van een sprinklerinstallatie het grote aantal dodelijke slachtoffers had kunnen voorkomen.

ling in het Bouwbesluit voor dergelijke gebruiksfuncties een sprinklerinstallatie verplicht te stellen.

In Nederland wordt in de bouwregelgeving voor geen enkel gebouwtype een sprinklerinstallatie geëist. Dit komt doordat het huidige systeem van bouwregelgeving uitgaat van bouwkundige oplossingen met behulp van compartimentering voor het beperken van de brand- en rookontwikkeling. Specifieke brandbeveiligingsinstallaties, zoals brandmeldinstallaties, rook- en warmteafvoerinstallaties en sprinklerinstallaties, vormen geen onderdeel van de bouwregelgeving en kunnen als een gelijkwaardige oplossing worden aangevoerd. Overigens worden sommige brandbeveiligingsinstallaties vanuit het gebruik van een gebouw wel geëist in het nog niet van kracht zijnde Gebruiksbesluit.²⁵ Dit is opmerkelijk aangezien andere installaties die betrekking hebben op het gebruik van een gebouw, zoals verlichting en liften, wel onderdeel zijn van het Bouwbesluit. Bovendien zijn andere brandveiligheidsvoorzieningen in het Bouwbesluit ook gekoppeld aan gebruiksfuncties.

1.3.3 Doorstroomsnelheid en loopsnelheid

Bij de invoering van het Bouwbesluit 2003 is discussie ontstaan over de doorstroomsnelheid van uitgangen. De discussie richt zich op de vraag of de doorstroomsnelheid in berekening gesteld kan worden op 90 personen per meter uitgangsbreedte per minuut of op 135 personen. De wetenschappelijke onderbouwing van deze waarden lijkt minder relevant te zijn, de discussie wordt voornamelijk gevoerd vanuit economische motieven. Diverse onderzoekers, onder wie Fruin, Pauls, Nelson en MacLennan, stellen dat de doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen ongeveer 1 persoon per meter per seconde is, dat is 60 pers/m/min. Deze waarde ligt veel lager dan de optimistischere waarden van 90 pers/m/min en 135 pers/m/min zoals deze in de Nederlandse regelgeving worden gehanteerd.

Bovendien is uit de experimenten en incidentevaluaties gebleken dat zorgvuldigheid met loopsnelheden geboden is. Voor de bepaling van de gemiddelde vluchtijd, zoals met behulp van computermodellen of rekenmodellen, is het bijvoorbeeld van belang rekening te houden met de vertraagde loopsnelheid in een donkere of met rook gevulde ruimte. De loopsnelheid in een donkere of met rook gevulde ruimte is namelijk aanzienlijk langzamer dan de loopsnelheid die uit de loopexperimenten van onder andere Fruin en Pauls naar voren is gekomen, en die in rekenmodellen wordt toegepast. Ook lopen personen

25. Het Gebruiksbesluit vervangt de brandveiligheidsregels in de (gemeentelijke) Modelbouwverordening van de VNG. Naar verwachting zal het Gebruiksbesluit medio 2008 in werking treden.

in een donkere ruimte niet langs de kortste route of in een rechte lijn, zoals in de rekenmodellen wordt aangenomen. Verder wordt in het huidige beleid verondersteld dat mensen bij ontvluchting gebruikmaken van nooduitgangen, ongeacht het gebruik van de uitgangen in de dagelijkse situatie. In de praktijk blijken mensen vooral via de bekende route te vluchten. Afgezien van het feit dat de huidige doorstroomsnelheid in vluchttijdberekeningen niet realistisch is, is de aanname met betrekking tot het gebruik van nooduitgangen niet reëel.

1.3.4 *Wayfinding*

Wayfinding richt zich op de oriëntatie in gebouwen en of de aanwezigen in staat zijn snel onbekende bestemmingen te vinden. Er zijn vijf categorieën omgevingsvariabelen die de wayfinding beïnvloeden:

- visueel bereik;
- mate van architectonische differentiatie;²⁶
- gebruik van bewegwijzering en locatieaanduiding;
- indeling van de plattegrond;
- bekendheid met het gebouw.

Incidentevaluaties en experimenten lijken aan te tonen dat de huidige uitvoering van vluchtrouteaanduidingen niet of nauwelijks van invloed is op de routekeuze bij ontvluchting. Het is vanuit deze kennis gezien zeer opmerkelijk dat diverse commissies van deskundigen zich jarenlang hebben beziggehouden met de vraag of de vluchtrouteaanduiding groen of rood moet zijn, en of een pictogram beter te begrijpen is dan een tekst. Dit lijkt in het geheel niet relevant te zijn voor de zelfredzaamheid bij brand. Overigens wordt in de voorschriften voor vluchtrouteaanduidingen bovendien uitgegaan van het zicht bij normale condities en is geen rekening gehouden met vermindering van het zicht door rook.

De aanbeveling is om in het beleid nieuwe maatregelen op te nemen die het gemak van wayfinding bevorderen. Hiervoor is het nodig te onderzoeken welke alternatieve uitvoeringen van de vijf genoemde categorieën omgevingsvariabelen (het meest) effectief zijn.

In het brandveiligheidsbeleid is het uitgangspunt dat bij brand geen gebruik mag worden gemaakt van liften en roltrappen. Incidentevaluaties tonen echter aan dat vluchtende personen wel degelijk gebruik (willen) maken van

26. Hiermee wordt bedoeld op de aanwezigheid van unieke gebouwkenmerken die bij de oriëntatie kunnen worden gebruikt.

liften en roltrappen. Vooralsnog is het beleid voor hoge(re) gebouwen gericht op de ontvluchting via trappen. Om het gebruik van liften en roltrappen in geval van brand mogelijk te maken is het noodzakelijk de liften en roltrappen brandveilig uit te voeren.

1.3.5 *Bedrijfshulpverlening*

Er zijn sterke aanwijzingen dat het adequaat optreden van bouwpersoneel van grote invloed is op het overleven van een brand. Daarom is meer aandacht nodig voor bedrijfshulpverlening. Het optreden van bouwpersoneel moet afgestemd worden op het feitelijke gedrag van aanwezigen in gebouwen. Uit de literatuurstudie is informatie over het feitelijke gedrag bij brand naar voren gekomen die niet overeenkomt met de huidige aannames over het menselijk gedrag bij brand. Dit impliceert dat een grondige evaluatie van de doeltreffendheid van de huidige bedrijfshulpverleningsopleidingen en -trainingen noodzakelijk is. Ook de mogelijkheid van innovatieve wijzen van training kan onderzocht worden.

De risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) die elk bedrijf moet hebben, is het primaire uitgangspunt voor de inrichting van een bedrijfshulpverleningsorganisatie. Deze RI&E is geregeld vanuit de Arbeidsomstandighedenwet 2007. De toetsing van de RI&E (onderdeel brandveiligheid) zou onderdeel moeten zijn van een integrale benadering van brandveiligheid in gebouwen. De controle en handhaving van de RI&E ligt echter niet bij de instantie die verantwoordelijk is voor de controle en handhaving van het Bouwbesluit en het (toekomstige) Gebruiksbesluit. Dit betekent dat er afstemming noodzakelijk is tussen de controle en handhaving van de betrokken instanties. Verder verdient het aanbeveling om de inzichten over de kritische factoren voor het veilig vluchten bij brand mee te wegen in de beoordeling van een RI&E (onderdeel brandveiligheid). Deze inzichten kunnen opgenomen worden in nieuw te ontwikkelen instrumenten en handreikingen voor de beoordeling van risico-inventarisaties en -evaluaties (RI&E) en de invulling van de organisatie van de bedrijfshulpverlening. De aandacht van beleidshandhavers is namelijk traditioneel gericht op de controle van technische maatregelen.

Vrijwilligersorganisaties zonder personeel in loondienst zijn ontlast van de plicht om een RI&E te maken, en ook de bepalingen over de bedrijfshulpverlening zijn vervallen. Daardoor is mogelijk een leemte ontstaan met betrekking tot de bedrijfshulpverlening in sommige inrichtingen, zoals voorstelbaar is bij (grootschalige) evenementen. De noodzaak van een bedrijfshulpverleningsorganisatie voor vrijwilligersorganisaties zou echter niet alleen verbonden moeten zijn aan het werken met gevaarlijke stoffen, maar ook aan de bezettingsdichtheid en de te verwachten (verminderde) opmerkzaamheid en hulpbehoefte van de aanwezigen.

1.4 CONCLUSIES VOOR ONDERZOEKERS

1.4.1 *Huidige kennis en lacunes*

De kennis over en het begrip van het menselijk gedrag bij brand nog erg beperkt. Onderzoeken waarbij de factor mens een hoofdrol speelt, zijn niet toegepast op onderwerpen op het gebied van brandveiligheid. Zo is vanuit de psychologie onderzoek gedaan naar het geloof in eigen kunnen in relatie tot het succesvol volbrengen van een taak. De theorie is nog niet getest op nood-situaties. Het geloof in eigen kunnen is mogelijk ook van invloed op de beslissingen die mensen nemen in noodsituaties. Verder is uitvoerig onderzoek gedaan naar wayfinding in de normale, dagelijkse situatie. Slechts weinig van deze onderzoeken lijken gericht te zijn op de architectonische beoordeling van vluchtende personen, de invloed van brandveiligheidsvoorschriften en de toepassing voor *fire safety engineering*. De betreffende onderzoeken hebben echter uitgewezen dat wayfinding in gebouwen zeer problematisch kan zijn.

De aanwezige literatuur over het menselijk gedrag bij brand is grotendeels gericht op de aspecten van ontvluchting. In deze publicaties is nauwelijks informatie gevonden over gevaarsinschatting. De aangetroffen informatie wekt echter de indruk dat het niveau van gevaarsinschatting van aanwezigen in gebouwen erg laag is. De juiste inschatting van het gevaar is daarentegen van grote invloed op het overleven van een brand.

De informatie die wel in de literatuur beschikbaar is, betreft veelal exemplarische informatie uit bijzondere incidenten. De nadruk van incidentevaluaties, als al wordt gekeken naar het menselijk gedrag bij brand, ligt met name op de omstandigheden van mensen die de brand níet hebben overleefd. De omstandigheden (effect van brand op mens) van vluchtende personen die de brand wél hebben overleefd, leveren veel meer interessante informatie op over zelfredzaamheid. Zo is uit diverse incidentevaluaties naar voren gekomen dat mensen doorgaans vluchtrouteaanduidingen negeren, nooduitgangen voorbijlopen, en eerder geneigd zijn door rook te lopen of te springen dan te schuilen en te wachten op redding. Bovendien is, zij het beperkt, informatie beschikbaar over de opeenvolging van acties in relatie tot het menselijk gedrag bij brand. Zo is het mogelijk om op basis van kansmodellen de opvolgende acties te voorspellen.

Verder zijn gegevens bekend over de totale tijd tussen het ontvangen van de eerste signalen van brand en het moment dat de aanwezigen zich in veiligheid hebben gebracht in geval van werkelijke branden. Er is echter weinig informatie beschikbaar over de tijd die mensen besteden aan het nemen van individuele beslissingen. De reactietijden zijn nog nauwelijks goed beschreven

en gekwantificeerd. Op basis van incidentevaluaties kan aangenomen worden dat de reactietijden in hotels en woongebouwen vele malen langer zijn dan in gebouwen waarin niet geslapen wordt. Er is echter behoefte om deze aanname te kwantificeren. Daarnaast bestaat de behoefte aan een uitgebreide database van reactietijden, vluchttijden en totale vluchttijden voor verschillende gebouwtypen. De gegevens uit deze database kunnen vervolgens worden toegepast bij de bepaling van vluchttijden bij *fire safety engineering* en bij het maken van wetgeving.

De aandacht in de experimentele onderzoeken richt zich tot nu toe voornamelijk op loopsnelheden en doorstroomcapaciteiten van gangen, trappen en deuren in diverse situaties. Visionaire onderzoekers zoals Groner en Sime stellen dat in het verleden te weinig aandacht is besteed aan de factor mens in relatie tot een brandveilig gebouwwontwerp. Bij de meeste empirische studies naar het menselijk gedrag bij brand ontbreekt bijvoorbeeld het onderzoek naar de perceptie van de situatie en naar de onderliggende intenties en motieven van de acties van de vluchtende personen. Ook is nog weinig onderzoek gedaan naar het verzamelen en interpreteren van informatie en naar de keuzes die gemaakt worden in een brandsituatie. Zo is niet bekend op welke wijze en in welke mate informatie uit/in de omgeving intervenueert met het menselijk gedrag en zo is ook niet bekend *waarom* mensen een bepaalde route nemen en niet een andere.

Voor gebouwwontwerpers is het van belang om te weten *waarom* mensen vluchtrouteaanduidingen negeren, niet gebruikmaken van nooduitgangen, door rook lopen, of een andere overlevingsstrategie kiezen dan op een veilige plaats te wachten op redding. De antwoorden op deze vragen zijn in de huidige literatuur echter nog niet of nauwelijks te vinden. De uitgebreide studies naar het menselijk gedrag bij werkelijke branden in grote gebouwen en woongebouwen hebben voor gebouwwontwerpers tot nu toe niet de gewenste informatie opgeleverd om een brandveilig gebouw te kunnen ontwerpen. Het toekomstige onderzoek zou zich daarom onder andere moeten richten op de beslissingen die mensen nemen gedurende een ontvluchting en op de tijd die hiervoor nodig is. Behalve dat inzicht nodig is in de typen beslissingen die personen nemen tijdens een ontvluchting, is het interessant te onderzoeken wat de intenties, motieven en percepties van vluchtende personen zijn in relatie tot de individuele beslissingen. Deze informatie over de overwegingen voor bepaalde beslissingen is namelijk nodig om te bepalen welke maatregelen de besluitvormingstijd kunnen verkorten en welke maatregelen leiden tot de juiste routekeuze van vluchtende personen.

1.4.2 Noodzakelijke ontwikkelingen voor onderzoek

Psychonomische benadering

Om de voorschriften voor brandveiligheidsvoorzieningen te laten aansluiten bij het werkelijke gedrag van mensen bij brand is het nodig de invloed van de huidige uitvoeringen van brandveiligheidsvoorzieningen op de zelfredzaamheid bij brand te onderzoeken. De informatie die uit gedragsonderzoek naar voren komt, levert de input voor psychonomische brandveiligheidsmaatregelen. Anders gezegd: om de veiligheidsmaatregelen te laten aansluiten bij het werkelijke gedrag van mensen bij brand is het nodig kennis te hebben van de interactie tussen de techniek en de mens. Het gedragsonderzoek zal daarom voor een groot deel gericht moeten zijn op de reacties van mensen op verschillende typen van technische uitvoering van brandveiligheidsmaatregelen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de invloed van noodverlichting op het gemak van wayfinding.

Doelkwantificering

De bedreigtijd (ASET) is de periode tussen het ontstaan van de brand en het moment dat sprake is van een fatale omgevingsconditie. Binnen deze periode wordt de mogelijkheid voor ontvluchting negatief beïnvloed en vallen de eerste slachtoffers. SFPE (2003) en O'Connor (2005) geven een aantal meetbare omgevingscondities die als grenswaarde gebruikt kunnen worden voor de mogelijkheid van het overleven van een brand. Allereerst is het zinvol uitvoerig studie te doen naar de totstandkoming van deze meetbare doelen voor de bepaling van de bedreigtijd. Als de meetbare doelen voor het brandgevaar voldoende wetenschappelijk onderbouwd zijn en ook van toepassing zijn op de Nederlandse situatie, is de aanbeveling deze meetbare doelen in het Bouwbesluit te implementeren. Verder wordt aanbevolen de uitgangspunten zo te formuleren dat deze aansluiten bij de psychonomische eigenschappen van gebouwkenmerken. Dit betekent dat in de gewijzigde uitgangspunten de mens, die gebruikmaakt van het gebouw, leidend moet zijn en niet de techniek.

Aan de hand van modellen kan het gedrag van mensen bij brand in een gebouw voorspeld worden. Deze informatie is nodig om een wetenschappelijk onderbouwde uitspraak te doen over de te verwachten risico's bij brand in een gebouw en over de te treffen brandpreventieve maatregelen. Het onderzoek zal zich in de toekomst vooral moeten richten op de openstaande onderwerpen over het modelleren van het vluchtgedrag. Wat betreft de modellering van het menselijk gedrag bij ontvluchtingen geeft Sime (2001) de volgende onderwerpen aan die om nader onderzoek vragen:

- brandscenario's en gedragsscenario's van mensen;
- gebruikers- en activiteitenpatronen: de situatie van gebouwgebruik, reactietijd van aanwezigen en de ontvluchtingsstrategie;

- reactiepatronen bij verschillende typen waarschuwingssystemen;
- ontwerpcriteria op gebied van wayfinding;
- beginlocaties van aanwezigen, aankomst bij uitgangen en doorstroomsnelheden bij uitgangen;
- keuze tussen schuilen en/of vluchten als alternatief voor overlevingsstrategieën.

Probabilistische benadering

De benadering van brandveiligheid op basis van risico's is een probabilistische benadering. Hierbij spelen kansen en effecten (die samen het risico vormen) een bepalende rol. Om deze benadering goed te kunnen toepassen is het nodig betrouwbare informatie over kansen op en effecten van brand te inventariseren. Hiervoor is het noodzakelijk om brandonderzoek uit te voeren. De gegevens uit het brandonderzoek zullen in een centrale database voor incidentevaluaties verzameld moeten worden. De gegevens uit deze database kunnen vervolgens worden toegepast bij de bepaling van vluchttijden bij *fire safety engineering* en bij het maken van wetgeving.

In de database moet onder andere informatie worden opgenomen over het aantal incidenten per jaar, de (positieve en negatieve) effecten van brandpreventieve maatregelen, het aantal vluchtende personen bij de brand, het aantal dodelijke slachtoffers, het aantal gewonden, de ernst van de verwonding, de vluchttijd, de besluitvormingstijd en dergelijke. De omstandigheden (effect van brand op mens) van vluchtende personen die een brand hebben overleefd geven informatie over de zelfredzaamheid. Deze informatie kan verzameld worden door bij incidentevaluaties de overlevenden van een brand te interviewen en/of een 'vluchtevaluatieformulier' te laten invullen. Voor de ontwikkeling van dergelijke vragenlijsten kan mogelijk worden aangesloten bij de methode die in de internationale database HEED²⁷ wordt toegepast.

1.4.3 Bedreiging door brand (brandgevaar)

Bij de noodzakelijke brandpreventieve maatregelen ter ondersteuning van de zelfredzaamheid speelt het vergelijk tussen de vluchttijd en de bedreigtijd een bepalende rol. Bij de vluchttijd zijn gedragsscenario's leidend. De bedreigtijd is afhankelijk van brandscenario's. Er is in (brandpreventief en repressief) Nederland nauwelijks kennis op het gebied van brandfysica. De aanbeveling is om nader wetenschappelijk onderzoek te doen naar de aspecten van brandfysische brandveiligheidskunde. Op basis van dit onderzoek kunnen brandscenario's ontwikkeld worden. Hierbij zal onderscheid gemaakt moeten

27. High-rise Evacuation Evaluation Database.

worden in de interactie tussen gebouwkenmerken en brandkenmerken en in de interactie tussen menskenmerken en brandkenmerken. Dit onderzoek moet enerzijds gericht zijn op brandpreventieve aspecten (gebouwontwerp) en anderzijds op repressieve aspecten (brandweeroptreden).

1.4.4 *Wayfinding*

Wayfinding richt zich op de oriëntatie in gebouwen en of de aanwezigen in staat zijn snel onbekende bestemmingen te vinden. Er zijn vijf categorieën omgevingsvariabelen die de wayfinding beïnvloeden:

- visueel bereik;
- mate van architectonische differentiatie;²⁸
- gebruik van bewegwijzering en locatieaanduiding;
- indeling van de plattegrond;
- bekendheid met het gebouw.

Incidentevaluaties en experimenten lijken aan te tonen dat de huidige uitvoering van vluchtrouteaanduidingen niet of nauwelijks van invloed is op de routekeuze bij ontvluchting. Incidentevaluaties en experimenten lijken aan te tonen dat de huidige uitvoering van vluchtrouteaanduidingen niet of nauwelijks van invloed is op de routekeuze bij ontvluchting. Er is te weinig informatie aangetroffen om een wetenschappelijk overtuigend bewijs te leveren, maar de aanwijzingen zijn zeer sterk te noemen.

De weinige onderzoeken die zich richten op de invloed van de vluchtrouteaanduiding op de routekeuze tonen aan dat mensen zich nauwelijks realiseren dat vluchtrouteaanduiding in een gebouw aanwezig is. De routekeuze lijkt voornamelijk bepaald te worden door de bekendheid met de route, de keuze van andere mensen in de omgeving en de perceptie van de omgeving. De aanbeveling is om nader onderzoek te doen naar de effectiviteit van vluchtrouteaanduiding bij brand. Hierbij is het advies niet alleen de invloed van de huidige uitvoering van vluchtrouteaanduidingen te onderzoeken, maar ook de invloed van alternatieve (lees: innovatieve) uitvoeringen van vluchtrouteaanduidingen op de zelfredzaamheid bij brand. Voorbeelden van alternatieve uitvoeringen van vluchtrouteaanduiding in gebouwen zijn:

- geluidsbakens;
- fotoluminescente pictogrammen in vloeren;
- fotoluminescente pictogrammen op wanden;
- stroboscopische lichtbakens bij vluchtdeuren;

28. Hiermee wordt bedoeld op de aanwezigheid van unieke gebouwkenmerken die bij de oriëntatie kunnen worden gebruikt.

- led-lichtslangen in vloeren en wanden met een dynamisch verlichtingspatroon (lopende lichten).

Incidentevaluaties tonen aan dat vluchtende personen wel degelijk gebruik (willen) maken van liften en roltrappen. Om het gebruik van liften en roltrappen in geval van brand mogelijk te maken is het noodzakelijk de liften en roltrappen brandveilig uit te voeren. Er is tot nu toe slechts weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de brand- en vluchtveiligheid van roltrappen en liften. Vanuit het oogpunt van het menselijk gedrag bij brand is het zeker wenselijk nader onderzoek te doen naar de oplossingsmogelijkheden om bij brand veilig gebruik te kunnen maken van roltrappen en liften.

1.4.5 Voorlichting, training en gedragsonderzoek

Om het veiligheidsmanagement en de bedrijfshulpverlening te kunnen verbeteren is onderzoek nodig naar de invloed van voorlichting en training op de zelfredzaamheid bij brand. Voorlichting en training is een aspect op het gebied van brandveiligheid dat minder aandacht krijgt. De indruk is dat dit aspect wel degelijk van invloed kan zijn op de zelfredzaamheid bij brand. De informatie over de invloed van eerdere ervaringen en training op de zelfredzaamheid bij brand is niet uitgebreid en bovendien niet eenduidig.

Het verdient aanbeveling in praktijkonderzoek naar het menselijk gedrag bij brand nader onderzoek te doen naar de invloed van karaktereigenschappen op de zelfredzaamheid bij brand. Karaktereigenschappen die mogelijk van invloed zijn op de zelfredzaamheid bij brand zijn het 'geloof in eigen kunnen', de mate van stressbestendigheid en de typering van leider of volger. De kennis over de invloed van karaktereigenschappen levert allereerst input voor de ontwikkeling van een opleidings- en trainingstraject voor bedrijfshulpverleners, dat aansluit bij de persoonlijke competenties. Daarnaast levert de kennis mogelijk input voor de voorlichting en training van burgers en hulpverleners met betrekking tot het omgaan met onverwachte gebeurtenissen.

Voor de uitvoering van praktijkonderzoek heeft het NIFV het onderzoeksinstrument ADMSTTM-BART ontwikkeld. Deze *Behavioural Assessment and Research Tool* (BART) in de virtuele omgeving van de *Advanced Disaster Management Simulator* (ADMS) is een instrument voor gedragsonderzoek dat gebruikmaakt van *serious gaming*. Dit houdt in dat mensen met behulp van een computerspel in een virtueel gebouw kunnen rondlopen en kunnen reageren op veranderende omgevingssituaties. Zo is het mogelijk mensen op een veilige wijze te confronteren met brand in een gebouw. De toepassing van serious gaming biedt nieuwe mogelijkheden voor experimenteel gedragsonderzoek. ADMSTTM-BART is naar verwachting een geschikt instrument om gedragsonderzoek

uit te voeren naar intenties, motieven en keuzes in geval van het vluchten bij brand. Daarnaast zou het instrument gebruikt kunnen worden bij de opleiding en training van bedrijfshulpverleners.

HOOFDSTUK 2

SAMENVATTING

In dit hoofdstuk is de informatie uit deel 2 en 3 van de publicatie samengevat. Allereerst wordt de term brandveiligheid geïntroduceerd. Daarna komt de huidige kennis over zelfredzaamheid bij brand aan de orde. Daarbij is een opdeling gemaakt in een introductie in de vorm van een denkkader en een beschrijving van de informatie over de gevaarsfactor, de menselijke factor, de omgevingsfactor en de bepaling van de vluchtsnelheid.

2.1 BRANDVEILIGHEID

Met brandveiligheid wordt bedoeld op het voorkomen van brand, het beperken van de ontwikkeling van brand en rook, het blussen van een brand en de mogelijkheid tot het snel en veilig vluchten. Het brandveiligheidsbeleid is een weergave van de wijze waarop maatschappij en politiek denken over brandveiligheid (zie hoofdstuk 4). Bij brandveiligheid spelen zowel technische als sociale maatregelen een bepalende rol. Het huidige brandveiligheidsbeleid richt zich op drie aspecten:

- voorlichting;
- vergunningverlening;
- toezicht.

Verschillende auteurs, zoals Edelman in de Verenigde Staten en Noordegraaf en Frissen in Nederland, hebben gewezen op het feit dat beleid een belangrijke symbolische component kent (zie hoofdstuk 3.2). Helsloot betoogt dat specifiek voor fysiek veiligheidsbeleid²⁹ deze symbolische component zwaarder is.

29. Helsloot maakt onderscheid tussen *sociale onveiligheid*, wat de bedreiging van gezondheid en goederen door moedwillige criminele handelingen van derden is, en *fysieke onveiligheid*, dat de bedreiging van gezondheid en goederen door allerlei ongevallen is. Door de overheid wordt (fysiek) veiligheidsbeleid ontwikkeld en uitgevoerd om de (fysieke) onveiligheid binnen maatschappelijk aanvaarde grenzen te houden. De nadruk ligt hierbij op het voorkomen dat een ongeval plaatsvindt en wordt daarom ook wel (fysiek) *risicobeheersingsbeleid* genoemd.

Dit omdat tegenwoordig de kans op fysieke veiligheidsincidenten veelal zo laag is dat door middel van symbolisch beleid absolute veiligheid kan worden beloofd. Na incidenten worden dan ook vaak weer symbolische verbetermaatregelen ingezet vanuit dezelfde overweging, namelijk dat de kans zeer gering is dat in de nabije toekomst de effectiviteit van de symbolische maatregelen bediscussieerd hoeft te worden. Brandveiligheidsbeleid lijkt hierop geen uitzondering te zijn. Het succes van het oorspronkelijke brandveiligheidsbeleid gericht op het voorkomen van stadsbranden heeft erin geresulteerd dat de bijna geheel verwoestende stadsbranden nog maar zeer incidenteel voorkomen.

Een onderbouwd actueel en specifiek landelijk beeld over (de handhaving van) de brandveiligheid is niet beschikbaar. Onderzoeksresultaten voortvloeiend uit rampzalige incidenten en wetenschappelijke experimenten hebben bovendien zelden geleid tot een grondige evaluatie van de gehanteerde uitgangspunten van het brandveiligheidsbeleid. Zie bijvoorbeeld het recente Actieprogramma Brandveiligheid, naar aanleiding van de brand in het cellencomplex op Schiphol in 2005. De ministeries van VROM en BZK willen via doelkwantificering meetbare doelstellingen voor brandveiligheid formuleren. Dit is een zeer vooruitstrevend en aanbevelenswaardig initiatief (zie ook hoofdstuk 3.3.1). Maar er is ook nadrukkelijk genoemd dat het Actieprogramma Brandveiligheid zich niet richt op de evaluatie van wet- en regelgeving. De beleidsvoorstellen in het actieprogramma lijken daarmee typische contradicties³⁰ te zijn, waarvan al eeuwenlang sprake is in het brandveiligheidsbeleid. Want als geen evaluatief onderzoek wordt gedaan naar de effectiviteit van de bestaande beleidsmaatregelen en evenmin naar de kritische factoren die bepalend zijn voor de brandveiligheid in gebouwen, hoe kan dan bepaald worden welke verbeterpunten leiden tot een verhoogde brandveiligheid?

2.2 DENKKADERS VOOR BRANDVEILIGHEID EN ZELFREDZAAMHEID

In het bestaande paradigma voor de brandveiligheid van gebouwen wordt de brandveiligheid hoofdzakelijk vanuit een bouwtechnisch perspectief beschouwd, zoals deze in de bouwregelgeving is vastgelegd. Daarnaast spelen de arbowetgeving en de voorschriften voor een veilig gebruik van gebouwen een rol. Echter, in de regelgeving worden aspecten als brand- en rookontwikkeling en het menselijk gedrag in gebouwen als 'standaard' beschouwd, of zelfs buiten beschouwing gelaten. Het feit dat uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat de mate van brandontwikkeling bijvoorbeeld afhankelijk is van het soort materiaal dat aanwezig is en dat het gedrag van mensen onder

30. Zie hoofdstuk 4.1 voor onderbouwing van de contradictie.

andere afhankelijk is van het type gebouwfunctie, wordt nauwelijks in de beoordeling van de benodigde brandveiligheidsmaatregelen meegenomen.

In het nieuwe denkkader is de wetenschappelijke kennis de basis voor beleidsmaatregelen. Een benadering van brandveiligheid waarbij de actuele wetenschappelijke kennis een bepalende rol speelt, is de performance-based benadering. Bij een performance-based benadering van brandveiligheid wordt uitgegaan van zogeheten doelvoorschriften, waarin de meetbare doelstellingen van brandbeveiliging zijn weergegeven. Het stellen van meetbare doelen wordt aangeduid als doelkwantificering. Verder wordt in het nieuwe denkkader uitgegaan van een probabilistische benadering van brandveiligheid (risicobenadering).

De probabilistische benadering van brandveiligheid wordt in hoofdstuk 3.3.4 besproken. Bij een probabilistische benadering van brandveiligheid gaat het om de reductie van de risico's van brand. Hierbij spelen kansen en effecten een bepalende rol. Om de kansen en effecten te kunnen vaststellen is het nodig op grootschalige basis, en op hoogstaand niveau, evaluatief onderzoek te doen naar de oorzaken en gevolgen van branden.

In hoofdstuk 3.3.1 wordt ingegaan op doelkwantificering. Bij doelkwantificering kan volgens Hagen (2007) onderscheid gemaakt worden in twee niveaus van doelstellingen, te weten doelstellingen op macroniveau en doelstellingen op microniveau. Met het macroniveau wordt bedoeld op wat landelijk acceptabel is of waarnaar landelijk wordt gestreefd. Met het microniveau wordt bedoeld op het acceptabele of streefniveau per gebouwfunctie. Bij het macroniveau gaat het om het vaststellen van reductiecijfers voor het aantal branden en slachtoffers, de hoogte van de brandschaden en de mate van maatschappelijke ontwrichting. Bij het microniveau stelt Hagen voor om het optimum tussen wat acceptabel is en wat financieel, organisatorisch en technisch haalbaar is als doelkwantificering te definiëren [Hagen, 2007]. Hiermee wordt het (maatschappelijk) geaccepteerde niveau van brandveiligheid expliciet vastgelegd (zie verder hoofdstuk 3.3.2). Om te bepalen wat financieel, organisatorisch en technisch haalbaar is, kan een maatschappelijke kosten-batenanalyse uitgevoerd worden.

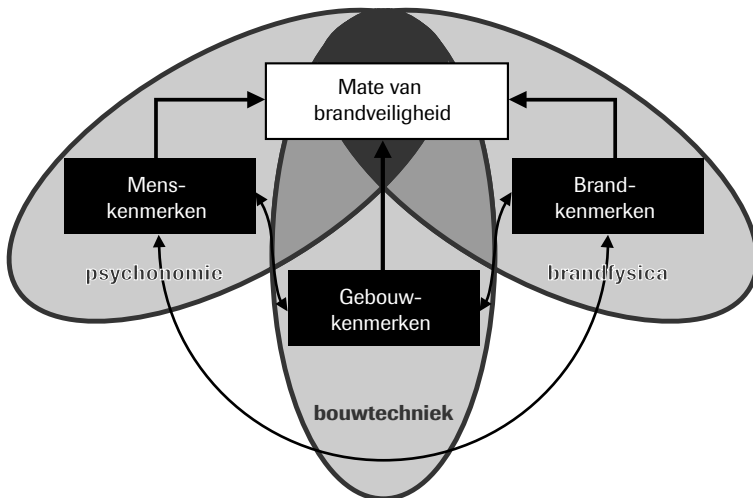
Suurmond en Velthoven (2003) stellen dat een maatschappelijke kosten-batenanalyse (mKBA), zoals deze wordt toegepast bij de besluitvorming over infrastructurele projecten van nationaal belang, toepasbaar is op het domein van de brandveiligheid. Een mKBA is een analyse van (voorgenomen of gerealiseerde) beleidsmaatregelen en niet van maatschappelijke verschijnselen als zodanig. Een mKBA heeft altijd betrekking op veranderingen ten opzichte van een uitgangssituatie en probeert antwoord te geven op de vraag of een

bepaalde maatregel de moeite waard is. Verder gaat het bij een mKBA om een inventarisatie van álle maatschappelijke effecten. Een mKBA is uitermate geschikt om toegepast te worden bij besluitvorming over te treffen voorzieningen in reactie op doelvoorschriften. Door de kosten en baten van twee oplossingen tegen elkaar af te wegen kan bepaald worden welke oplossing de meest optimale is. Zie verder hoofdstuk 3.3.3.

Het ontwerpen van brandveilige gebouwen volgens de benadering vanuit de wetenschap wordt aangeduid met *fire safety engineering* (zie hoofdstuk 4.3.1). Feitelijk gaat het bij *fire safety engineering* om 'toegepaste brandveiligheidskunde', wat de wetenschappelijke beoordeling is van:

- typische kenmerken van een brand (brandfysica);
- gebouwontwerp (bouwtechniek en architectuur);
- gedrag van de mens (gedragkunde) in relatie tot brandveiligheid.

Figuur 2.1 Onderwerpen van brandveiligheidskunde



Wetenschappelijk gezien gaat het om een benadering van brandveiligheid vanuit drie disciplines:

- *Fysische brandveiligheidskunde (brandfysica)*
Dit is de wetenschap over het ontstaan, de ontwikkeling en de repressie van (de effecten van) brand.
- *Bouwtechnische brandveiligheidskunde (bouwtechniek)*
Dit is de wetenschap over het architectonische, bouwkundige en installatietechnische gebouwontwerp in relatie tot het ontstaan, de ontwikkeling en repressie van (de effecten van) brand en het vluchten bij brand.

– *Psychonomische brandveiligheidskunde (psychonomie)*

Dit is de wetenschap over de interactie tussen de omgeving en het gedrag van mensen in deze omgeving.³¹

Fysische brandveiligheidskunde (brandfysica)

Bij fysische brandveiligheidskunde gaat het om de brandontwikkeling, de brandeffecten en de repressie. De brand staat hierbij centraal. Bij brandontwikkeling spelen de zogeheten brandkrommen en brandscenario's een bepalende rol. Een brandkromme is de weergave van de ontwikkeling van een brand gemeten in tijd. De ontwikkeling van een brand wordt weergegeven in temperatuur, stralingswaarde, verbrandingswaarde, toxische waarde en dergelijke. Een brandscenario beschrijft het ontstaan en de ontwikkeling van een brand in relatie tot de kenmerkende eigenschappen van een object, zoals een gebouw. Bij brandeffecten valt te denken aan de gevolgen van hitte en rook voor de mens en het gebouw. Bij repressie spelen de mogelijkheden voor brandbeheersing en brandbestrijding een bepalende rol. Brandbeheersing is het beperken van de (effecten van) brand en brandbestrijding is het daadwerkelijk blussen van een brand. Het gaat bij brandweerkundige repressie om zowel de voorbereiding als de uitvoering van het repressief optreden van een brandweerorganisatie. De fysische brandveiligheidskunde richt zich op de wederzijdse beïnvloeding van de menskenmerken en de brandkenmerken en van de gebouwkenmerken en de brandkenmerken.

Bouwtechnische brandveiligheidskunde (bouwtechniek)

Bij bouwtechnische brandveiligheidskunde gaat het om de technische maatregelen die genomen zijn ten behoeve van de brandveiligheid in een gebouw. Het gebouw staat hierbij centraal. Bij technische maatregelen valt te denken aan de onbrandbaarheid van materialen, brand- en rookcompartimentering, plaats en uitvoering van nooduitgangen, automatische blusinstallaties en dergelijke. De technische maatregelen zijn onder te verdelen in passieve (of: fysieke) maatregelen, zoals compartimentering, en actieve (of: installatietechnische) maatregelen, zoals een sprinklerinstallatie. De bouwtechnische brandveiligheidskunde richt zich op de wederzijdse beïnvloeding van de brandkenmerken en de gebouwkenmerken en van de menskenmerken en de gebouwkenmerken.

Psychonomische brandveiligheidskunde (psychonomie)

Bij psychonomische brandveiligheidskunde (architectuur en gedragskunde) gaat het om het menselijk gedrag in een gebouw, zowel voorafgaand aan als tijdens een brand. De mens staat hierbij centraal. Enerzijds gaat het om sociale

31. Bij het gedrag van mensen wordt gedacht aan zowel wayfinding in een gebouw als de acties om brand te voorkomen, de ontwikkeling van brand (en rook) te beperken en de acties voorafgaand aan en tijdens een ontvluchting.

factoren, zoals groepsafhankelijk gedrag, en anderzijds om persoonlijke factoren, zoals opmerkzaamheid en mobiliteit. Bij beide typen factoren gaat het voornamelijk om het vermogen om een bepaald gedrag te uiten en om de intenties en motieven voor een bepaald gedrag. De gedragsmotieven bestaan uit intern gestuurde motieven, die tot uiting komen in intuïtief of aangeleerd gedrag, en uit extern gestuurde motieven, die tot uiting komen in gedrag dat is beïnvloed door situationele omgevingsaspecten. Deze situationele omgevingsaspecten kennen een sociale en/of technische dimensie. Bij de sociale dimensie valt bijvoorbeeld te denken aan groepsafhankelijk gedrag en de training en aanwezigheid van een bedrijfshulpverleningsorganisatie. Bij de technische dimensie kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de toegankelijkheid van vluchtroutes. Bij de technische dimensie speelt het gebouwmanagement een bepalende rol. Hierbij valt te denken aan *good housekeeping*, met aandacht voor de werking van zowel de technische als de sociale maatregelen in een gebouw. De psychonomische brandveiligheidskunde richt zich op de wederzijdse beïnvloeding van de brandkenmerken en de menskenmerken en van de gebouwkenmerken en de menskenmerken.

De traditionele benadering van brandpreventie, namelijk vanuit de bouwtechnische brandveiligheidskunde, zal in de nieuwe benadering aangevuld moeten worden met kennis vanuit de wetenschap op het gebied van brandfysica en psychonomie. De psychonomie richt zich op processen, zoals waarnemen, motoriek, leren, beslissen, denken, geëmotioneerd raken, spreken en schrijven, die zich in tal van situaties, bij kind en volwassene, individueel en sociaal voordoen. In de psychonomie gaat het erom te ontdekken wat de wetmatigheden zijn die het menselijk gedrag bepalen. Deze wetmatigheden geven inzicht in hoe mensen informatie verwerken.

Op basis van de kennis uit de literatuur, die in deel 3 is weergegeven, is een denkkader voor zelfredzaamheid bij brand opgesteld. Dit denkkader is nodig om alle factoren die van invloed zijn op de mate van zelfredzaamheid op een gestructureerde wijze te kunnen benoemen. Verder sluit het aan bij het nieuwe overkoepelende denkkader voor het brandpreventiebeleid, waarin de wetenschap de basis vormt.

In hoofdstuk 4.2.2 is aangegeven hoe in het verleden vanuit het oogpunt van brandpreventie is gedacht over de term 'zelfredzaamheid'. Uit de literatuur is echter naar voren gekomen dat een nieuwe interpretatie van de term 'zelfredzaamheid bij brand' noodzakelijk is. In het onderstaande tekstkader is de nieuwe definitie van zelfredzaamheid bij brand weergegeven.

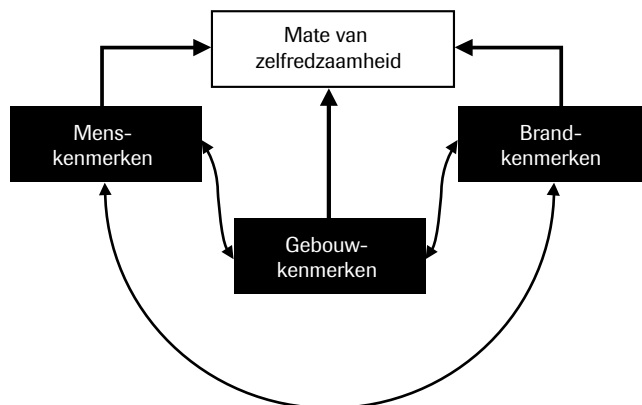
Zelfredzaamheid bij brand is het menselijk vermogen om signalen van gevaar waar te nemen en te interpreteren, en om beslissingen te nemen en uit te voeren die gericht zijn op het overleven van een brandsituatie.

Op hoofdlijnen zijn drie factoren bepalend voor de mate van zelfredzaamheid bij brand in een gebouw. Deze drie factoren zijn:

- gebouwkenmerken, bestaande uit:
 - fysieke kenmerken;
 - gebouwgebonden situatiekenmerken, die zijn gerelateerd aan de gebruiksaspecten van een gebouw;
- brandkenmerken;
- menskenmerken, bestaande uit:
 - persoonskenmerken van aanwezigen in een gebouw;
 - sociale kenmerken, die voortkomen uit de interactie tussen mensen onderling;
 - persoonsgebonden situatiekenmerken, die voortkomen uit omstandigheden die voor de individuen in een gebouw onderling kunnen verschillen.

In figuur 2.2 is de interactie tussen de factoren schematisch weergegeven.

Figuur 2.2 Factoren die van invloed zijn op de mate van zelfredzaamheid



De eerste factor die een directe invloed heeft op de mate van zelfredzaamheid betreft de brandkenmerken. Een brand is het proces van de ontsteking en de verbranding van materialen waarbij hitte en rook vrijkomen. De gevaren van brand voor de mens zijn te kenmerken door:

- snelheid van de brandontwikkeling;
- mate van de verbrandingseffecten, zoals hitte- en rookontwikkeling;
- waarneembaarheid van de brand en de verbrandingseffecten.

Ook gebouwkenmerken hebben een directe invloed op de mate van zelfredzaamheid. Een gebouw is een fysiek omsloten omgeving waarin mensen aanwezig zijn en waarin activiteiten worden uitgevoerd. Een gebouw kent:

- fysieke kenmerken, zoals de lay-out, de omvang en het aantal verdiepingen;
- gebouwgebonden situatiekenmerken, zoals de activiteiten en het aantal aanwezigen in het gebouw.

Verder hebben de menskenmerken een directe invloed op de mate van zelfredzaamheid. Bij de bepaling van de mate van zelfredzaamheid wordt het gedrag van mensen beschouwd vanuit een individu (persoonskenmerken) en vanuit een groep personen (sociale kenmerken). De menskenmerken die van belang zijn voor de zelfredzaamheid bij brand hebben invloed op:

- bewustwording van een brand;
- besluitvorming;
- uitvoeren van een actie:
 - brand bestrijden;
 - vluchten; en/of
 - schuilen en wachten op redding.

De menskenmerken zijn onder te verdelen in:

- persoonskenmerken, zoals de mobiliteit en eerdere ervaringen met brand;
- sociale kenmerken, zoals de beïnvloedbaarheid door mensen in de directe omgeving;
- persoonsgebonden situatiekenmerken, zoals de opmerkzaamheid en de bekendheid met de lay-out van het gebouw.

2.3 DE GEVAARSACTOR: BRAND

In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de gevaarsfactor. Een volledig ontwikkelde brand ontstaat als brandpreventieve maatregelen falen of niet aanwezig zijn en bovendien voldoende vuurlast en zuurstof aanwezig zijn. De literatuur onderscheidt verschillende snelheden van brandontwikkeling. Vooral de brandontwikkelingscoëfficiënt van de typen materialen die in het gebouw aanwezig zijn (of in het gebouwontwerp zijn opgenomen) bepaalt de snelheid van brandontwikkeling. Bij de brandkromme van een ultrasnelle brand valt te denken aan de ontwikkeling van een brand waarbij kunststoffen betrokken zijn.

Met name de rookontwikkeling en de snelheid van de (re)actie door de bedreigde personen zijn van invloed op de overleving van een brand. De effecten van brand hebben een negatief effect op de mogelijkheid van ontvluchting. Enerzijds kan een brand effect hebben op de psychologische en fysieke

gesteldheid van de vluchtende persoon. Anderzijds kan een brand ervoor zorgen dat (delen van) het gebouw niet meer toegankelijk is (zijn). Uit de literatuur is bekend dat de effecten van brand een negatieve invloed hebben op de loopsnelheid. Mensen lopen, wanneer zij worden blootgesteld aan de effecten van brand, langzamer dan in normale omgevingscondities. Bovendien kiezen mensen die blootgesteld worden aan de effecten van brand soms een andere vluchtroute dan de kortste vluchtroute.

Het brandgevaar kan bepaald worden met behulp van de bedreigtijd. De bedreigtijd (ASET³²) is de periode tussen het ontstaan van de brand en het moment dat sprake is van een fatale omgevingsconditie. Binnen deze tijd wordt de mogelijkheid voor ontvluchting negatief beïnvloed en vallen de eerste slachtoffers. In een ruimte is volgens SFPE (2002) en Delichatsios (2004) sprake van een fatale omgevingsconditie als:

- de warmtestralingsintensiteit (hitteflux) van de bovenste hete luchtlaag naar de vloer groter is dan $2,5 \text{ kW/m}^2$; of
- de temperatuur hoger is dan 120°C ; of
- het zuurstofgehalte lager is dan 12%; of
- de hoogte van de rookvrije ruimte lager is dan 2,1 m, gemeten vanaf de vloer.

De maximale hitteflux die de mens gedurende langere tijd kan verdragen bedraagt 1 kW/m^2 [PGS, 2005]. Daarnaast is de convectietemperatuur van 120°C nog zeer optimistisch gesteld, aangezien negatieve fysieke effecten al beginnen bij een klein temperatuurverschil ten opzichte van de gemiddelde lichaamstemperatuur van 37°C . Hogere temperaturen dan 40°C leiden tot symptomen van warmtestuwing en vervolgens tot symptomen van hitteberoerte, waaronder verwardheid, desoriëntatie en het krijgen van toevallen. Zonder behandeling kan hitteberoerte binnen een paar minuten leiden tot coma en uiteindelijk tot de dood. De minimale hoogte van de rookvrije ruimte (2,1 m) zal in veel gevallen de belangrijkste overschreden omgevingsconditie zijn. De rook die bij brand vrijkomt verzamelt zich namelijk onder het plafond. Aangezien de ontwikkeling van rook zeer snel kan gaan, zal de rooklaag snel dikker worden en de grens van 2,1 m overschrijden. Zo kan een kleine ruimte bij brand al binnen een minuut vol rook staan.

32. Available Safe Egress Time.

2.4 DE MENSELIJKE FACTOR

In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de menselijke factor.

Menselijk gedrag bij brand

Om een brand te kunnen overleven zijn drie strategieën te onderkennen. De eerste strategie bestaat uit vechten, ofwel het bestrijden van de brand. Als hierbij adequaat wordt opgetreden, bestaat de mogelijkheid de brand te blussen of in omvang te beperken. Uit studies in Groot-Brittannië en Australië blijkt dat driekwart van de woningbranden door de bewoners zelf geblust wordt. De tweede strategie bestaat uit schuilen en wachten op redding door anderen. Diverse branden hebben aangetoond dat mensen doorgaans eerder geneigd zijn door rook te lopen, of zelfs te springen, dan te schuilen en te wachten op redding. De derde strategie bestaat uit vluchten.

Vluchtproces

Het vluchtproces kenmerkt zich door drie bepalende fasen waarin basisactiviteiten worden uitgevoerd:

- bewustwording van gevaar door externe stimuli;
- validatie van en reactie op gevaarssignalen;
- verplaatsing naar een veilige omgeving.

Bij de bewustwording van gevaar spelen signalen en aanwijzingen een belangrijke rol. Over het algemeen lijken mensen een laag niveau van bewustwording in relatie tot gevaar te hebben. Zo zijn voorbeelden bekend van branden waarbij mensen zich binnen het visuele bereik van de brandhaard bevonden en toch doorgingen met de activiteiten waarmee zij bezig waren. Verder hebben mensen die slapen een bijzonder laag niveau van opmerkzaamheid over wat er in de directe omgeving gebeurt. De aanwezigheid en de dichtheid van de rook zijn direct gerelateerd aan de gevaarsperceptie. Mensen lijken echter moeite te hebben gevaarssignalen op hun juiste waarde te schatten. Verder blijkt uit diverse evaluaties dat mensen bij onverwachte gebeurtenissen in eerste instantie vasthouden aan de rolverwachtingen die passen bij de functie van het gebouw waarin zij zich bevinden, en de signalen en aanwijzingen van gevaar negeren.

Het proces van besluitvorming van de in een gebouw aanwezige personen in de periode voor en tijdens een ontvluchting wordt bepaald door de persoonlijke gedragsreactie op:

- het gedrag van andere personen in de directe omgeving (sociale factoren);
- het gebouwwontwerp;
- de omgevingscondities als gevolg van een incident (omgevingsfactoren).

Het proces van de verplaatsing naar een veilige omgeving is volgens Gwynne e.a. (1999) en O'Connor (2005) afhankelijk van de interactie tussen:

- het gebouwwontwerp, dat invloed heeft op routekeuze en doorstroomsnelheden, en dergelijke;
- de omgevingscondities als gevolg van een incident, zoals rook in de vluchtroute;
- procedurele aspecten, zoals gericht op bedrijfshulpverlening, ontruimingsoefeningen, bekendheid met looproutes;
- het menselijk gedrag bij incidenten en de ontvluchting.

De gedragsaspecten met betrekking tot de ontvluchting zijn afhankelijk van persoonlijke omstandigheden (jong/fit/alert of bedlegerig/verward) en het gebouwwontwerp (eenvoudig of complex). Bij het stellen van criteria voor aanvullende maatregelen is niet alleen de complexiteit van de infrastructuur (bijvoorbeeld een gebouw) van belang, maar ook het aantal aanwezigen in de infrastructuur. Om de risico's van ontvluchting te kunnen bepalen, zijn twee aandachtspunten van belang:

- mobiliteit;
- aantal aanwezigen.

Menskenmerken

Voor de persoonskenmerken stressniveau, mobiliteit, conditie en het waarnemingsvermogen zijn van invloed op het gedrag bij brand, en in het bijzonder op de vluchttijd. Uit incidentevaluaties is gebleken dat meerdere mensen, gewoonlijk aangemerkt als 'gemiddeld mobiel', problemen hebben met het afdalen van trappen. Ook blijkt uit fatale incidenten dat vluchtdeuren niet altijd te gebruiken zijn, bijvoorbeeld omdat de gang vol rook staat of omdat de deur op slot zit, waardoor mensen ingesloten en daardoor immobiel raken.

Andere persoonskenmerken, waarvan de invloed niet geheel duidelijk is, zijn geslacht, leeftijd, volger/leiderschap, kennis en ervaring, geloof in eigen kunnen en beroep. Het geloof in eigen kunnen beïnvloedt de keuzes die mensen maken, de moeite die ergens voor wordt gedaan, hoe lang in de actie wordt volhard als mensen obstakels tegenkomen (en er wordt gefaald) en hoe mensen zich voelen. Hoewel de theorie niet is getest op noodsituaties, is het geloof in eigen kunnen mogelijk ook van invloed op de beslissingen die mensen nemen in noodsituaties. De parallel met ontvluchting uit een noodsituatie is evident.

Persoonsgebonden situatiekenmerken die van invloed zijn op de zelfredzaamheid betreffen vooral de opmerkzaamheid, de gevaarsperceptie, de fysieke positie en de bekendheid met het gebouw. De belangrijkste indicator voor opmerkzaamheid is het feit of mensen slapen of wakker zijn. Slappende

mensen hebben een bijzonder laag niveau van opmerkzaamheid over wat er in de directe omgeving gebeurt. Verder nemen mensen doorgaans de route waarmee zij bekend zijn.

De belangrijkste sociale kenmerken in relatie tot ontvluchting zijn het groeps-gedrag en de sociale banden, de taakcommitment, de rol en verantwoordelijkheid van de aanwezigen, en de aanwezigheid en training van een bedrijfshulpverleningsorganisatie. Mensen gedragen zich tijdens een ontvluchting over het algemeen altruïstisch. Ook kijken mensen doorgaans eerst naar de acties van anderen en reageren zij vervolgens zoals de mensen in hun directe omgeving reageren. In onbekende situaties vallen aanwezigen veelal terug op het gebouwpersoneel dat (mogelijk) wel bekend is met het gebouw. Uit incidentevaluaties komt verder naar voren dat mensen instructies van mensen met autoriteit volgen als deze instructies overeenkomen met de eigen beoordeling van de situatie. Verder zijn voorbeelden bekend van branden waarbij mensen zich binnen het visuele bereik van de brandhaard bevonden en toch doorgingen met de activiteiten waarmee zij bezig waren.

Verschillende experimenten en incidentevaluaties tonen aan dat het gedrag van goed getraind personeel van positieve invloed is op het gedrag van de overige aanwezigen in een gebouw. Met behulp van ontvluchtingstrategieën en procedures kan informatie aan aanwezigen worden gegeven over de nood-situatie. Deze aanvullende informatie blijkt in hoge mate relevant te zijn voor het vluchtgedrag van de aanwezigen in een gebouw. Uit de analyse van de meest fatale branden in Nederland blijkt dat in veel gevallen geen of een slecht functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie aanwezig was. Uit de gegevens van de reactietijden in de kantoorgebouwen en de winkels blijkt dat bij het optreden van een goed opgeleide en getrainde bedrijfshulpverleningsorganisatie de reactietijd tienmaal sneller is.

2.5 DE OMGEVINGSFACTOR: HET GEBOUW

In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de omgevingsfactor. Uit een studie naar de meest fatale branden in de Verenigde Staten en Nederland komt naar voren dat de slachtoffers bij deze branden voornamelijk te wijten waren aan factoren als een lage opmerkzaamheid (slapend), overbezetting, materiaalgebruik, ontwerp van vluchtroutes³³ en aan gebruiksaspecten, zoals afgesloten nooduitgangen. Bij de meest fatale branden in zowel de Verenigde Staten als

33. Zoals trappenhuisen die niet brandwerend zijn afgescheiden en nooduitgangen die verborgen zijn, naar binnen draaien en/of een beperkte doorstroomcapaciteit hebben.

Nederland was in veel gevallen sprake van een zeer snelle brandontwikkeling. De aanwezigheid van brandbare materialen heeft daarbij een belangrijke rol gespeeld. Bij de Nederlandse branden was bovendien in zes van de twaalf gevallen sprake van branduitbreiding via het trappenhuis, waardoor de ontvluchting via het hoofdtrappenhuis niet meer mogelijk was. Verder was in de Nederlandse situatie in alle gevallen de vluchtroute onbruikbaar geworden als gevolg van rook en hitte en waren in de helft van de gevallen deuren afgesloten waardoor mensen in een fuik terecht kwamen. (Rook)compartimentering en de handhaving van getroffen maatregelen zijn belangrijke factoren voor het veilig vluchten bij brand.

Situatiekenmerken: gebouwtype³⁴ en gebruikaspecten³⁵

Fatale branden komen voornamelijk in *woningen* voor. In Australië overlijdt driekwart van de slachtoffers tijdens de slaap. In Nederland is slechts van één jaar (2003) informatie bekend over de omstandigheden van de dodelijke slachtoffers van woningbranden. Uit deze summiere gegevens is naar voren gekomen dat meer dan de helft van de slachtoffers slapend is omgekomen. Wanneer brand ontstaat in gestoffeerd meubilair (bankstellen, stoelen, bedden) is de kans groot (35-51%) dat de aanwezigen de brand niet overleven. Nadat in Groot-Brittannië en de Verenigde Staten regelgeving is ingevoerd met betrekking tot de brandvertragendheid van gestoffeerd meubilair is het aantal slachtoffers, zowel doden als gewonden, bij woningbranden sterk gedaald.

Verder komen fatale branden wereldwijd vooral voor in *bijzondere woongebouwen*, in *hotels* en in *bijeenkomstgebouwen met een hoge bezettingsdichtheid*. Bij fatale branden in bijeenkomstgebouwen (is) zijn met name (de combinatie van) de volgende factoren bepalend voor de fataliteit:

- hoge bezettingsdichtheid;
- aanwezigheid van brandbare versieringen aan de wanden en het plafond;
- niet-beschikbare nooduitgangen.

Daarbij komt dat in bijeenkomstgebouwen de aanwezigen soms onder invloed kunnen zijn van alcohol en/of drugs. Alcohol, drugs en narcotica hebben een negatief effect op de opmerkzaamheid, waardoor de reactietijd nog langzamer is.

Uit recente studies naar de ontvluchting uit *hoge kantoorgebouwen* (waaronder de evaluatie van de WTC-ramp van 9/11) komt naar voren dat wanneer een gebouw volledig bezet is, de verplaatsingssnelheid doorgaans langzaam is. In

34. Zie hoofdstuk 7.1.

35. Zie hoofdstuk 7.2.

(zeer) hoge gebouwen is het zeer aannemelijk dat veel van de aanwezigen voorafgaand aan een ontvluchting nooit gebruik hebben gemaakt van de trappen. Verder blijken méér mensen fysieke beperkingen te hebben – met betrekking tot de ontvluchting uit de hoge gebouwen – dan eerder werd aangenomen.

Een bijzonder type gebouw met aparte gebouwkenmerken is een *ondergronds gebouw*. Bij branden in ondergrondse gebouwen ontstaat doorgaans zware rookontwikkeling en is vaak sprake van extreme hitte. De ontruiming uit het vaak doolhofachtige, complexe, door rook verduisterde ondergrondse gedeelte is zeer lastig. Het grootste probleem bij ondergrondse gebouwen is dat mensen met de natuurlijke verplaatsingsrichting van rook en hete gassen mee vluchten.

Van drie (zeer) fatale branden in gebouwen is bekend dat de gebouwen waren bedoeld als een *tijdelijk gebouw*. Voor tijdelijke bouwwerken gelden, vanuit economisch oogpunt, onder andere lagere eisen voor de brandveiligheid. Bij twee fatale branden in een tijdelijk gebouw was sprake van een lage vuurlast en waren brandvertragende materialen toegepast. Desondanks heeft de bouwconstructie³⁶ bestaande uit stalen containers (mede) ertoe geleid dat in beide gevallen sprake was van een uitzonderlijk hete brand en hevige rookontwikkeling. In het derde geval heeft de brand zich snel uitgebreid via de ruimte tussen het zachtboardplafond en de dakbedekking.

De belangrijkste gebouwgebonden situatiekenmerken die de zelfredzaamheid bij brand bepalen, zijn het focuspunt van de aanwezigen, de bezettingsdichtheid in het gebouw, de handhaving van de bouwtechnische voorzieningen in het gebouw en het gemak van *wayfinding*. Wayfinding richt zich op de oriëntatie in gebouwen en of de aanwezigen in staat zijn snel onbekende bestemmingen te vinden. In gebouwen waarin sprake is van een focuspunt, zoals theaters, zal de reactie van de aanwezigen afhangen van de reactie van de mensen waarop de aandacht gevestigd is. Als in een theater de voorstelling blijft doorgaan, zullen mensen nauwelijks geneigd zijn te vluchten. De bezettingsdichtheid is van grote invloed op de mogelijkheid van het overleven van een brand: hoe hoger de bezettingsdichtheid, hoe groter de kans op dodelijke slachtoffers. Verder speelt bij de ontvluchting het gemak van wayfinding een rol. Aanwezigen in gebouwen moeten namelijk in staat zijn zich te oriënteren en snel onbekende bestemmingen te kunnen vinden.

36. Het is niet geheel duidelijk of de lagere eisen hebben geleid tot het hoge aantal slachtoffers. Wel is duidelijk dat de toepassing van de stalen containers heeft geleid tot een bijzonder hete brand.

Er zijn vijf categorieën omgevingsvariabelen die de wayfinding beïnvloeden:

- visueel bereik;
- mate van architectonische differentiatie;³⁷
- gebruik van bewegwijzering en locatieaanduiding;
- indeling van de plattegrond;
- bekendheid met het gebouw.

Fysieke kenmerken: lay-out³⁸ en installaties³⁹

De gebouwkenmerken hebben ook invloed op de mate waarin de aanwezigen zich bewust worden van een brand. Uit onderzoeken blijkt dat mensen die in een groot gebouw aanwezig zijn doorgaans een *brandalarmsignaal* negeren, ongeacht welk type signalering het betreft. Uit Amerikaanse statistieken blijkt dat in 45% van de ongewenste (loze) meldingen sprake is van een technische storing (slecht onderhoud). Alarmering met een gesproken bericht, ofwel via een communicatiesysteem ofwel via personeel, wordt door aanwezigen in een gebouw het meest serieus genomen. Wanneer het ontruimingsalarm echter na activering weer wordt uitgezet, zullen de vluchtende personen stoppen met de ontvluchting.

Uit incidentevaluaties blijkt dat mensen veelal *aanduidingen voor nooduitgangen* negeren, ook al lijken deze zeer duidelijk te zijn. Bij brand leidt de huidige locatie van de vluchtrouteaanduidingen, te weten vlak onder het plafond, tot het onzichtbaar worden van de aanduidingen. Immers, rook verzamelt zich boven in een ruimte. De kleur van de vluchtrouteaanduidingen is geen bepalende factor voor de zichtbaarheid in rook. In rookvrije situaties is geconstateerd dat de opvallendheid van een vluchtrouteaanduiding ten opzichte van de 'ruis' in de omgeving van belang is. Uit diverse onderzoeken kan opge maakt worden dat geluidssignalen bij uitgangen mogelijk de ontvluchting in een donkere ruimte versnellen. Andere innovatieve methoden voor vluchtrouteaanduiding in gebouwen zijn bijvoorbeeld fotoluminescente pictogrammen in vloeren, stroboscopische lichtbakens bij vluchtdeuren en led-lichtslangen in vloeren en wanden met een dynamisch verlichtingspatroon (lopende lichten). In de literatuur is echter geen informatie aangetroffen over de effectiviteit van dergelijke methoden bij de ontvluchting in gebouwen.

De objectieve loopafstand tot aan een uitgang blijkt niet de meest bepalende factor te zijn voor de routekeuze. De keuze voor een bepaalde uitgang, en daarmee de *routekeuze*, wordt vooral beïnvloed door de bekendheid van de persoon

37. Hiermee wordt bedoeld op de aanwezigheid van unieke gebouwkenmerken die bij de oriëntatie gebruikt kunnen worden.

38. Zie hoofdstuk 7.3.

39. Zie hoofdstuk 7.4.

met het gebouw, de beschikbaarheid van uitgangen, de toegankelijkheid van de route naar de uitgang en de mate van complexiteit van deze route. Ook wordt groepsvorming gezien als een mogelijke invloedsfactor op de keuze voor een bepaalde route. Verder is gebleken dat het verminderde zicht en de irritatie door rook ertoe leiden dat sommige mensen terugkeren of een andere vluchtroute kiezen. Ook lopen personen in een donkere ruimte niet langs de kortste route of in een rechte lijn. Verder blijkt uit diverse experimenten dat de loopsnelheid geleidelijk afneemt als de optische rookdichtheid toeneemt. Op basis van de testresultaten is gesteld dat de zichtlengte ten minste tien meter moet zijn voor mensen die bekend zijn met de vluchtroute en ten minste 15-20 meter voor mensen die niet bekend zijn met de vluchtroute.

Bij experimenten in een trappenhuis met een *noodverlichting* van 57 lux wordt het zicht als 'zeer goed' tot 'acceptabel' beschouwd. Uit incidentevaluaties blijkt echter dat zelfs wanneer de noodverlichting functioneert, vluchtende personen ervaren dat zij in volledige duisternis vluchten. Dit komt veelal door de rookontwikkeling. Aangezien de verlichtingsarmaturen doorgaans in het plafond of boven aan de wanden aangebracht zijn, wordt het licht door de rooklaag boven in de ruimten weerkaatst. Hierdoor is de verlichtingssterkte op ooghoogte en daar beneden zeer minimaal of zelfs nihil. Het zou mogelijk effectiever zijn de noodverlichting op vloer- of tailleniveau aan te brengen.

Deuren die voorzien zijn van een noodontgrendeling gekoppeld aan een alarm blijken bij een ontvluchting niet gebruikt te worden vanwege een negatieve associatie. Bij fatale branden was in negen van de tien branden sprake van een afgesloten, verborgen of geblokkeerde uitgang. Verder is de draairichting van de deur van groot belang in ruimten met een hoge bezettingsdichtheid. Deuren die slechts van één zijde te openen zijn, leveren met name problemen op wanneer rook het trappenhuis binnendringt. Het is bij dergelijke deurconstructies voor de vluchtende personen namelijk niet mogelijk zelfstandig via een andere verdieping naar een rookvrij trappenhuis te vluchten.

In gebouwen met meer verdiepingen vormen *trappen* een belangrijk element voor de mogelijkheid en snelheid van een ontvluchting. Uit incidentverslagen van de twaalf meest fatale branden in Nederland is gebleken dat ontvluchting via trappen niet altijd mogelijk is vanwege rookontwikkeling. Verder blijkt dat, net als bij de routekeuze in relatie tot (nood)uitgangen, de routekeuze in relatie tot (nood)trappenhuizen sterk afhankelijk is van de bekendheid van de aanwezigen met het betreffende trappenhuis. Noodtrappenhuizen die zijn voorzien van een noodontgrendeling gekoppeld aan een alarm worden veelal niet gebruikt vanwege een negatieve associatie. Uit recente studies naar de ontvluchting uit hoge kantoorgebouwen (waaronder de evaluatie van de WTC-ramp van 9/11) komt naar voren dat wanneer een gebouw volledig bezet

is, de verplaatsingssnelheid doorgaans langzaam is. Bovendien daalt de loop-snelheid als de trappenhuizen ook gebruikt worden voor de toetreding door de hulpverleningsdiensten gedurende de ontvluchting. Andere factoren die een grote invloed hebben op de (neerwaartse) vluchtsnelheid in een trappen-huis zijn:

- grootte van het trappenhuis;
- bezettingsdichtheid in het trappenhuis;
- gelijktijdige ontvluchting vanaf meerdere verdiepingen;
- invoegen van vluchtende personen in de neergaande stroom (het 'ritsen' zoals bij files op de weg);
- voeren van kleine gesprekken onderling;
- gebruik van mobiele telefoons en BlackBerry's (of andere smartphones);
- vluchtende personen met overgewicht, extreem lange en kleine personen;
- ongeschikt schoeisel (knellende schoenen, hoge hakken, en degelijke).

In Nederland bestaat discussie over de gelijkwaardigheid van het vluchten via *roltrappen* ten opzichte van het vluchten via vaste trappen. In de NVBR-publicatie *Brandbeveiligingsinstallaties* uit 2004 staat bijvoorbeeld vermeld dat de afmetingen van roltrappen niet voldoen aan het voor trappen gestelde in het Bouwbesluit, en dat een roltrap daarom nooit deel kan uitmaken van een vluchtroute. Uit incidentevaluaties lijkt naar voren te komen dat mensen bij brand wel degelijk gebruik (willen) maken van roltrappen. Hetzelfde geldt voor *liften*. Op grond van interviewgegevens stellen onderzoekers dat ongeveer 3000 levens in WTC-2 zijn gered door zelfstandige ontvluchting en het gebruik van liften gedurende de eerste 16 minuten. Om bij brand op veilige wijze gebruik te kunnen maken van roltrappen en liften is het nodig deze brandveilig uit te voeren.

De toepassing van een *sprinklersysteem* wordt als een zeer veilige, levensbeschermende voorziening gezien, met name in gebouwen waarin verminderd tot niet-zelfstandig mobiele personen verblijven. Een goed ontworpen en onderhouden sprinklersysteem kan in veel gevallen de uitbreiding van een beginnende brand beperken of de brand zelfs blussen. Daarmee wordt de bedreigtijd (ASET) verlengd en is meer tijd beschikbaar voor ontvluchting. De faalkans van fysieke compartimentering lijkt zeer hoog te zijn (30% bij miljoenenbranden). De faalkans van een sprinklerinstallatie is zeer laag (7%). In tweederde van de gevallen waarin de sprinkler niet functioneerde, was het systeem voorafgaand aan de brand door de gebouwbeheerder uitgeschakeld.

Naar aanleiding van de brand in The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003) zijn brandtesten uitgevoerd in een testopstelling op ware grootte. Uit deze brandtesten blijkt dat de toepassing van een sprinklerinstallatie het grote aantal doden bij de brand had kunnen voorkomen. Het Amerikaanse

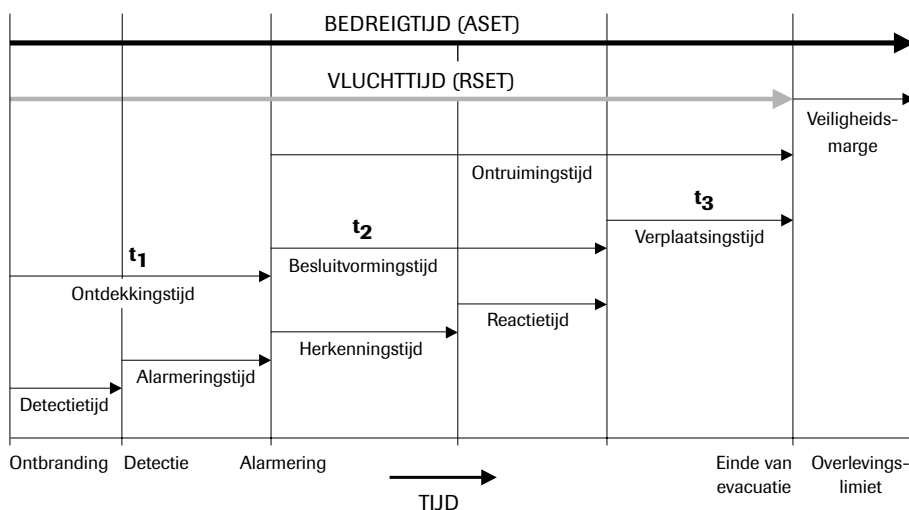
NIST⁴⁰ doet daarom de aanbeveling om in alle nieuwe nachtclubs, ongeacht hun omvang, en in alle bestaande nachtclubs met een gebouwbezetting van meer dan 100 personen, een automatisch sprinklersysteem conform de Amerikaanse norm⁴¹ NFPA 13 te eisen. In Nederland wordt enkel vanuit milieukundig oogpunt bij de opslag van gevaarlijke stoffen in sommige gevallen een sprinklersysteem geëist. De toepassing van een sprinklersysteem om de veiligheid van aanwezigen in gebouwen te kunnen waarborgen is in Nederland voorsnóg voor geen enkel type gebouw of gebruik vereist.

De werking van getroffen brandpreventieve maatregelen is essentieel om bij brand veilig te kunnen vluchten. Met name rook in de vluchtroute kan dodelijk zijn. In de praktijk blijkt het slecht gesteld te zijn met de handhaving van de functionaliteit van brandpreventieve maatregelen.

2.6 DE BEPALING VAN DE VLUCHTSNELHEID

In hoofdstuk 7.5 wordt ingegaan op de bepaling van de vluchtsnelheid. Bij ontvluchting speelt de factor tijd een bepalende rol voor de veiligheid. Aan de ene kant is de ontwikkeling van gevaar gedurende een bepaalde tijd van belang (bedreigtijd⁴²) en aan de andere kant speelt de snelheid van de verplaatsing van een bedreigde naar een veilige omgeving (vluchttijd⁴³) een belangrijke rol.

Figuur 2.3 Tijdlijn bedreigtijd en vluchttijd [BSI, 2004]



40. National Institute of Standards and Technology.

41. Technische norm, uitgegeven door National Fire Protection Association.

42. ASET, Available Safe Egress Time.

43. RSET, Required Safe Egress Time.

In de vluchttijdmodellen die in het buitenland in beleid worden gebruikt, is sprake van een driedeling van periodes gedurende het vluchtproces. De eerste periode betreft de ontdekking van de brand. De tweede periode betreft de tijd die nodig is om voorafgaand aan de verplaatsing een aantal besluiten te nemen (pre-movementperiode). De laatste periode betreft de werkelijke verplaatsing uit het door brand bedreigde gebied. De procesbenadering van brandontwikkeling en ontvluchting, zoals in buitenlandse regelgeving wordt toegepast, wordt ook in het Nederlandse brandveiligheidsbeleid in het normatief brandverloop toegepast. In het normatief brandverloop wordt echter niet uitgegaan van een veiligheidsmarge bij de bepaling van de bedreigtijd en de vluchttijd. Verder houdt het Nederlandse model geen rekening met de besluitvormingstijd.

Ontdekkingstijd

De snelheid van de reactie op een brand blijkt voornamelijk af te hangen van de opmerkzaamheid van de aanwezigen in een gebouw en van de acties van het gebouwpersoneel. De informatie vanuit de gebouwkenmerken, in de vorm van signalen en aanwijzingen, kan onduidelijk zijn waardoor deze soms wordt genegeerd. Het personeel in een gebouw kan met behulp van ontvluchtingsstrategieën en procedures aanvullende informatie geven over de nood situatie. Deze aanvullende informatie blijkt in hoge mate relevant te zijn voor het vluchtgedrag van de aanwezigen in een gebouw.

Besluitvormingstijd

De besluitvormingstijd wordt tegenwoordig als een van de meest bepalende onderdelen van het vluchtproces beschouwd. Uit incidentanalyses blijkt namelijk dat bij ontvluchtingen waarbij sprake was van een vertraagde besluitvormingstijd veel doden en gewonden te betreuren waren. Dit was met name het geval bij hotels en appartementengebouwen. De besluitvormingstijd bestaat uit de herkenningstijd, waarin signalen worden waargenomen en geïnterpreteerd, en de reactietijd, waarin activiteiten worden uitgevoerd die gerelateerd zijn aan de start van de ontvluchting, zoals het verzamelen van meer informatie over de situatie. De duur van de besluitvormingstijd is afhankelijk van:

- typen signalen die een indruk geven van de nood situatie;
- opmerkzaamheid en de gevaarsperceptie van de aanwezigen;
- gebouwfunctie; dit zijn het type gebruik van een gebouw en de kenmerken van de aanwezige populatie in het gebouw.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie categorieën gebouwkenmerken die gerelateerd zijn aan het gebruikstype en van invloed zijn op de reactietijd:

- brandmeld- en ontruimingsalarmsysteem;
- complexiteit van het gebouw;
- management in het gebouw.

Uit de gegevens van de reactietijden in kantoorgebouwen en winkels blijkt dat het gedrag van het personeel in het gebouw een zeer belangrijke invloed heeft op de reactietijd. Zo is in geval van een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie de reactietijd ongeveer tienmaal sneller dan wanneer er geen sprake is van een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie. De reactietijden zijn echter nog nauwelijks goed beschreven en gekwantificeerd. Op basis van incidentevaluaties kan aangenomen worden dat de reactietijden in hotels en woongebouwen vele malen langer zijn dan in gebouwen waarin niet geslapen wordt. Er is echter behoefte om deze aanname te kwantificeren.

Verplaatsingstijd

Aanwezig in een gebouw kunnen aan de hand van het architectonische ontwerp langs de meest veilige route naar buiten worden geleid. Het visuele bereik in een gebouw blijkt daarbij van groter belang voor de totaal benodigde vluchttijd te zijn dan de loopafstand tot de deuren, zoals in de conventionele rekenmethodes wordt toegepast. Daarnaast zijn de bezettingsdichtheid van het gebouw, ofwel het aantal aanwezige personen, de routekeuze en de doorstroomcapaciteit van de bottlenecks, zoals uitgangen en trappen, van invloed op de benodigde vluchttijd. Factoren die de totale vluchttijd vertragen, zijn met name:

- vertraagde eerste reactie;
- niet-optimale routekeuze;
- opstoppen in looppaden.

De verplaatsingstijd is gerelateerd aan de routekeuze en daarmee aan de loopafstand. Mensen kiezen doorgaans de bekende route, en dat is niet altijd de kortste route. De loopsnelheid wordt beïnvloed door de volgende factoren:

- mate van mobiliteit van de persoon;
- mate van mobiliteit van de persoon als gevolg van groepsdynamiek;
- aantal aanwezigen in een gebouw en verdeling over het gebouw;
- verlichtingssterkte;
- invloed van rook (indien van toepassing);
- eigenschappen van vloer- en wandoppervlakken;
- uitvoering van de looproute (traptreden, geleidingsrails en dergelijke);
- breedte van de looproute (gangbreedte, deurbreedte);
- mate van training of mate van begeleiding door personeel (bedrijfshulpverleningsorganisatie).

Trappen en uitgangen vormen bottlenecks tijdens een ontvluchting. De capaciteit van trappen en uitgangen wordt bepaald aan de hand van de doorstroomsnelheid. De data voor de doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen, zoals in de literatuur genoemd, zijn niet geheel eenduidig. Dit komt voornamelijk doordat de studies niet onder gelijke condities zijn uitgevoerd. Verder is uit onderzoek

naar de doorstroomsnelheid op trappen gebleken dat de doorstroomsnelheid (van trappen, gangen en uitgangen) afhankelijk is van de effectieve breedte en niet van de werkelijke breedte. Als uitgegaan wordt van de effectieve vluchtbreedte komen de resultaten van de belangrijkste onderzoekers Fruin, Pauls, Nelson en MacLennan omtrent de doorstroomsnelheid wel nagenoeg overeen. De doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen is ongeveer 1 persoon per meter per seconde, dat is 60 pers/m/min. Gedurende het vluchtproces is overigens geen sprake van een constante doorstroomsnelheid. Mensen hebben namelijk de neiging om zich eerst in kleine groepen te verzamelen, om zich vervolgens gezamenlijk naar de uitgang te verplaatsen.

Vluchttijdmodellen

Om het vluchtgedrag bij brand te kunnen voorspellen en te verklaren worden modellen gemaakt. Groner (1998) heeft twee typen benaderingen van vluchttijdmodellen met elkaar vergeleken, te weten de traditionele 'stimulus response-(travel/flow)modellen' en de nog nauwelijks toegepaste 'gebruiker response-modellen'. In het traditionele model staan de techniek en de lay-out van het gebouw centraal en in het nieuwe model staan de mens en de veranderlijke omgeving centraal. De uitgangspunten van het 'stimulus response-model' worden binnen het vakgebied van *fire engineering* breed toegepast. Dit is voornamelijk omdat het een in de basis simpel model is dat eenvoudig toepasbaar is. Bij het menselijk gedrag bij brand zijn namelijk niet alleen de fysieke stimuli van belang, maar spelen ook psychosociale processen een belangrijke rol. Voor gebouwonwerpers is het dan ook van belang te ontdekken *waarom* mensen bij het horen van een ontruimingssignaal niet vluchten, en *waarom* mensen een bepaalde route wel nemen en een andere niet. De antwoorden op deze vragen zijn in de huidige literatuur nog niet of nauwelijks te vinden.

De informatie over de intenties, motieven en percepties van de vluchtende personen in relatie tot de individuele beslissingen is nodig om te bepalen welke maatregelen de besluitvormingstijd kunnen verkorten en welke maatregelen leiden tot de juiste routekeuze van de vluchtende personen. Of zoals visionair en futuroloog Joel A. Barker⁴⁴ stelt:

'Snelheid is alleen gunstig als je in de juiste richting rent.'

44. Joel A. Barker is de eerste persoon die het wetenschappelijk concept van paradigmaverschuivingen begrijpelijk heeft gemaakt voor het bedrijfsleven.

DEEL 2

CONTEXTUEEL KADER

HOOFDSTUK 3

ZELFREDZAAMHEID BIJ BRAND IN BREDER PERSPECTIEF

Deze publicatie gaat over de zelfredzaamheid bij brand van mensen met betrekking tot het veilig vluchten uit gebouwen. Het veilig vluchten is echter slechts één aspect van het brandveiligheidsbeleid. In dit introducerende hoofdstuk wordt daarom ingegaan op de bredere context van het brandveiligheidsbeleid en de zelfredzaamheid bij brand. Eerst komt de oorsprong van het brandveiligheidsbeleid aan de orde. Daarna wordt ingegaan op de symboliek van het beleid. Vervolgens wordt de noodzaak voor onderzoek besproken en ten slotte wordt een overzicht gegeven van het onderzoek naar het menselijk gedrag tot nu toe.

3.1

DE OORSPRONG VAN HET BRANDVEILIGHEIDSBELEID

Met brandveiligheid wordt bedoeld op het voorkomen van brand, het beperken van de ontwikkeling van brand en rook, het blussen van een brand en de mogelijkheid tot het snel en veilig vluchten. Het brandveiligheidsbeleid is een weergave van de wijze waarop maatschappelijk en politiek gezien over brandveiligheid wordt gedacht. Bij brandveiligheid spelen zowel technische als sociale maatregelen een bepalende rol.

Het huidige brandveiligheidsbeleid richt zich op drie aspecten [Helsloot, 2006]:

- voorlichting;
- vergunningverlening;
- toezicht.

In Nederland kennen we sinds enkele jaren een belangrijk landelijk voorlichtingsinitiatief, de Nationale Brandpreventieweek. De resultaten van de campagne lijken aan te tonen dat voorlichting kan bijdragen aan de (handhaving van) brandveiligheid [Helsloot, 2006]. Klassiek wordt de brandpreventieve taak door de brandweer en de dienst Bouw- en Woningtoezicht voor het overgrote deel ingevuld met vergunningverlenende taken. Bij het toezicht op brandveiligheid maakt de commissie-Alders onderscheid in twee aspecten [Helsloot, 2006]:

- Controle is het constateren van de mate van naleving van de regelgeving.
- Handhaving is het ondernemen van acties op de geconstateerde overtredingen.

Maar hoe is het huidige brandveiligheidsbeleid ontstaan? Hieronder wordt een inzicht gegeven in de ontstaansgeschiedenis van het brandveiligheidsbeleid.

In de loop der eeuwen hebben vele rampzalige gebeurtenissen duidelijk gemaakt dat het voor de overleving van de mens noodzakelijk is zich te beschermen tegen de gevaren van brand. In bijlage 2, in de tabellen B24 tot en met B31, is een overzicht gegeven van 130 stads- of dorpsbranden.⁴⁵ Het overzicht begint met de grote stadsbrand in Zutphen in 1282 en eindigt met de meest recente stadsbrand in 2000 in Enschede, na de explosie in een vuurwerkbedrijf. In tabel B34 is een overzicht gegeven van vijf grote veenbranden in de periode van 1686 tot en met 1928, waarbij meerdere dorpen in Groningen en Drenthe zijn verwoest.

Figuur 3.1 Grote stadsbrand in Amsterdam, 24 mei 1452, die driekwart van de stad vernietigde [1]



In die tijd waren de huizen uit hout opgetrokken en dicht op elkaar gebouwd. Na de grote stadsbranden werd in de betreffende steden veelal bepaald dat de daken met leien of dakpannen bedekt moesten zijn en dat de nieuwe huizen van steen moesten worden gebouwd. Een sprekend voorbeeld is de invoering van een subsidieregeling voor de ‘verstening’ van de stad Deventer.

45. Zonder de grote branden als gevolg van oorlogshandelingen. De stadsbranden als gevolg van oorlogshandelingen zijn opgenomen in de tabellen B32 en B33.

In 1334 werd Deventer verwoest door een grote stadsbrand [Benders, 2002]. Daarna werd (vermoedelijk) regelgeving in het kader van de 'verstening' van de stad ingesteld. Dit blijkt uit administraties van boetes en subsidies voor stenen bouwmaterialen. De administraties zijn terug te voeren tot het jaar 1337, maar waarschijnlijk is de 'regelgeving' al in 1335 ingevoerd. In 1425 (of 1426) zijn geen administraties meer aangetroffen die handelen over de 'verstening' van de stad. Mogelijk is toen de subsidieregeling stopgezet. Ook in het keurboek van 1448 is geen informatie over de 'verstening' aangetroffen en zelfs niet over brandpreventie/brandbestrijding. Wel bestaat het vermoeden dat er regelgeving was over het inventariseren van plaatsen met een verhoogd risico op brand. Een rekenpost uit 1413 als *'bi unser scepen ghehieten Iohan Gerwin weder ghegheven siin pand dat hem af ghepant was voer strodack, want daer anders nyemant omme en goelt, dat stont voer 5lb'* (StRD III, 121 (1413)), doet namelijk vermoeden dat er wel regelgeving op dit terrein was. Uit inspectierapporten uit 1361-1362 is bovendien bekend dat in Deventer inventarisaties werden gehouden op het aspect brandveiligheid. Dit blijkt uit de herinspecties van schuren en hooibergen. Deze inspecties hingen samen met de inventarisatie van het bezit van wapens of wapenuitrustingen. Deze inspecties waren overigens geen routine, maar waren ingesteld in verband met de belegering van het kasteel Voorst [Benders, 2002].

Andere voorbeelden zijn de regelingen na de stadsbranden in Monnickendam, Amsterdam, Zaltbommel en Roermond.

Op de Grote Kerk en zes huizen na verbrandde de gehele stad Monnickendam in 1513. Hierna gold een verbod op het bouwen van woonhuizen met houten gevels en rieten daken [2].

Op 31 mei 1452, een week na de grote stadsbrand in Amsterdam, vaardigde Keizer Karel V een ordonnantie uit, waarin het bouwen met hout en rieten daken verboden werd in de Nederlanden. Aan de naleving werd weinig de hand gehouden [Koppers, 2007].

In 1503 had Hertog Karel de stad Zaltbommel nieuwe rechten gegeven om de opbouw te bespoedigen en hij stond erop om de daken te bedekken met leien of dakpannen. Door een speling van het lot en onvoorzichtigheid vatte de stad in 1524 desondanks weer vlam. Het duurde vaak een hele tijd voordat een stad weer opgebouwd was na een brand. Het ontbrak de mensen aan geld en bouwmaterialen [3].

Bij de grote stadsbrand in Roermond in 1554 waren dertien doden te betreuren. Roermond telde ongeveer 1300 huizen waarvan er ongeveer 950 afbrandden. Na de brand werden leien daken verplicht gesteld [4; 5]. In 1665 werd Roermond getroffen door een tweede stadsbrand. Ondanks de leien daken, verplicht na de vorige stadsbrand, was dit fataal voor het grootste deel van de binnenstad. Binnen vijf jaar werden ongeveer 700 van de 800 afgebrande huizen opnieuw opgebouwd [5].

Toch was niet overal voldoende geld en bouwmaterialen aanwezig, waardoor sommige steden na een stadsbrand weer op de traditionele wijze werden opgebouwd.

Bij de eerste grote stadsbrand in Gouda in 1361 brandde bijna de gehele stad af. De stad werd weer hoofdzakelijk van hout en met strooien daken opgebouwd [Buisman, 2000]. In 1438 brandde bijna geheel Gouda opnieuw af [Buisman, 2000; 6].

Bij de tweede⁴⁶ grote stadsbrand in Enschede in 1517 werd de stad, bestaande uit voornamelijk houten huizen, vrijwel geheel verwoest. Alleen de beide stadspoorten, de kerk en de resten van het oude kasteel waren van steen en bleven overeind. Na de brand werd de stad weer op de traditionele manier opgebouwd, zodat het brandgevaar bleef [6]. In 1750 [Buisman, 2006] en 1862 [7; 6] brandde de stad opnieuw af. Pas na de grote stadsbrand in 1862 werd het bouwen van houten woningen gestaakt [6]. In 2000 werd Enschede opnieuw getroffen door een stadsbrand als gevolg van een ontploffing in een vuurwerkbedrijf. Hierbij werd een gehele woonwijk verwoest [8]. Na de Vuurwerkkramp werd het Vuurwerkbesluit van kracht.

Ook in het buitenland werd de noodzaak voor brandpreventie veelal duidelijk na een grote brand.

Zo werden na de grote stadsbrand in Londen in 1666 brandveiligheidsvoorschriften voor woningbouw opgesteld. De vijf dagen aanhoudende brand verwoestte uiteindelijk onder harde wind meer dan 13.000 woningen, kerken en andere gebouwen [Goudsblom, 2001; Schoonbaert, 1997].

De huidige brandveiligheidsvoorschriften in New York kennen hun oorsprong in de voorschriften die de Nieuw-Nederlandse directeur-generaal Peter Stuyvesant in 1648 heeft vastgesteld voor toenmalig Nieuw-Amsterdam [NYC Fire Museum, 2003]. Stuyvesant verbood de nieuwbouw van houten schoorstenen en verplichtte huiseigenaren de schoorsteen regelmatig te vegen. Wanneer toch brand ontstond, kregen de eigenaren van gebouwen waarin een brand ontstond een boete, ongeacht de oorzaak van de brand. Toen in 1664 de Britten de stad in handen kregen, veranderde de naam van de stad, maar de brandveiligheidsvoorschriften bleven van kracht. Ruim een eeuw later, in 1776, leidde een kleine brand in een herberg vanwege hevige noordenwind tot de verwoesting van een kwart van de stad [NYC Fire Museum, 2003]. Toen in 1860 een brand in een appartement leidde tot twintig dodelijke slachtoffers, werden de bestaande bouwvoorschriften van New York uitgebreid gereviseerd en aangescherpt [9].

46. De eerste stadsbrand was in 1431.

Hiervoor is het voorbeeld van de regelgeving uit 1335/1337 met betrekking tot de 'verstening' van de stad Deventer gegeven. Er is in het voorbeeld van Deventer ook geconstateerd dat in de stadskeur van 1448 geen informatie over brandveiligheid is opgenomen. In Amsterdam zijn wel voorschriften ter voorkoming van brand in een keur opgenomen. In de veertiende eeuw is namelijk een specifieke brandkeur vastgesteld, die in 1413 is gerecapituleerd [10]. De brandkeur van Amsterdam is mogelijk een van de oudste Nederlandse keuren (plaatselijke verordeningen) met voorschriften ter voorkoming van brand.

De brandkeur van Amsterdam bevatte vooral preventieve voorschriften, zoals de verplichte schoorstenen en het verbod op houten of rieten daken. Ook werd daarin bepaald dat men luidkeels '*brand!*' moest roepen als zich dat verschijnsel voerde, op straffe van een flinke boete als men geen alarm sloeg [11].

Niet alleen in het verleden, maar ook tegenwoordig hebben rampzalige gebeurtenissen invloed op het brandveiligheidsbeleid.

Een eerste voorbeeld is de brand op een tribune in het voetbalstadion van Bradford, Groot-Brittannië. Bij deze brand in 1985 kwamen meer dan 56 personen om, raakten 250 mensen zwaargewond en hadden 200 mensen eerste hulp nodig. In Nederland heeft de toenmalige Inspectie voor het Brandweerwezen vervolgens het beleidsdocument *Brandbeveiliging Voetbalstadions. Brandveiligheidseisen met betrekking tot toeschouwersaccommodaties* opgesteld [IBW, 1986].

Een ander voorbeeld is de brand in 1992 in het Haagse Pension Vogel, waarbij elf mensen omkwamen. Na deze brand werd in Den Haag strenger opgetreden tegen illegale kamerverhuur [Hilhorst, 2003].

In reactie op de Nieuwjaarsbrand in 2001 in café 't Hemeltje in Volendam werd een nieuwe richtlijn voor bestaande bouw opgesteld en vond een inhaalslag plaats van de uitvoering en handhaving van het al bestaande beleid van gebruiksvergunningen [Helsloot, 2006].

Na de brand in 2005 in het cellencomplex op Schiphol, richtte de aandacht zich allereerst op het voorkomen van een herhaling van het betreffende incident. Bijna alle cellencomplexen werden aan een audit onderworpen, waarbij werd gekeken naar de technische brandveiligheid en de bedrijfshulpverlening. Verder hebben de ministeries van BZK en VROM naar aanleiding van de incidentevaluatie van de cellenbrand (2007) het Actieprogramma Brandveiligheid opgesteld. Dit actieprogramma is gericht op een 'kennisverbetering ter verhoging van het bewustzijn voor brandveiligheid'. In dit kader wordt bij de term 'bewustzijn' gedacht aan de

verantwoordelijkheid⁴⁷ van verschillende partijen in alle fasen van het bouw- en gebruiksproces [BZK & VROM, 2007]. Met het actieprogramma wordt een eerste stap gemaakt richting het verhogen van de brandveiligheid.

Hiervoor is met een aantal voorbeelden geïllustreerd dat het brandveiligheidsbeleid al eeuwenlang wordt beïnvloed door rampzalige incidenten.⁴⁸ De eeuwenoude wijze waarop het brandveiligheidsbeleid wordt ontwikkeld lijkt daarentegen maar een zeer beperkte impact te hebben op het veiligheidsbewustzijn op de langere termijn. Dit kan deels verklaard worden doordat in de middeleeuwen de rampzalige stadsbranden vooral invloed hadden op de betreffende inwoners. De overige bevolking van de Nederlanden was maar nauwelijks op de hoogte van dergelijke incidenten. Toch is deze verklaring al lange tijd niet meer overtuigend. Immers, de nationale (media-)aandacht voor rampzalige gebeurtenissen is niet alleen van deze tijd. Na de grote veenbrand in 1833, die onder andere de vier Groningse dorpen De Wilp, Marum, Tolbert en Zevenhuizen verwoestte, werd de wederopbouw bijvoorbeeld voor een deel door giften van de Nederlandse bevolking gefinancierd.

24 Uur na het uitbreken van de brand ging de wind liggen en begon het fiks te regenen. Het gebied binnen de vierhoek De Wilp-Marum-Tolbert-Zevenhuizen was toen al zwartgeblakerd [12]. Vier personen kwamen om [13]. De brand verwoestte in Zevenhuizen 66 woningen en maakte 280 mensen dakloos. Volgens een krappe berekening van het gemeentebestuur bedroeg de schade 175.000 gulden. De hoeveelheid turf die verloren was gegaan, werd geraamd op twee miljoen ton. Na de brand kwam de liefdadigheid van het Nederlandse volk tot uiting in de opbrengst van een collecte, totaal 58.000 gulden. Voor een bedrag van gemiddeld 200 gulden per woning werd Zevenhuizen binnen een jaar herbouwd, dankzij de spontane hulp van het Nederlandse volk dat tevens zorgde voor huisraad, beddengoed, kleding en andere benodigdheden [12].

Landelijke kennis van rampzalige gebeurtenissen is er wel degelijk en wordt ook doorgevoerd in beleid. Recente onderzoeken naar de brandveiligheid van cellencomplexen en andere overheidsgebouwen, uitgevoerd naar aanleiding van de brand in het cellencomplex op Schiphol in 2005, lijken echter aan te tonen dat de beleidswijzigingen na de Nieuwjaarsbrand in 2001 nauwelijks invloed hebben gehad op het veiligheidsbewustzijn en het brandveilig gebruik

47. Dit is anders dan wat in de literatuur doorgaans met bewustzijn in relatie tot brandveiligheid wordt bedoeld. In de literatuur wordt met de term bewustzijn in het kader van zelfredzaamheid bij brand bedoeld op het waarnemen van gevaarlijke situaties, het waarnemen van signalen van brand en op de bekendheid met (de veiligheidsaspecten in) het gebouw.

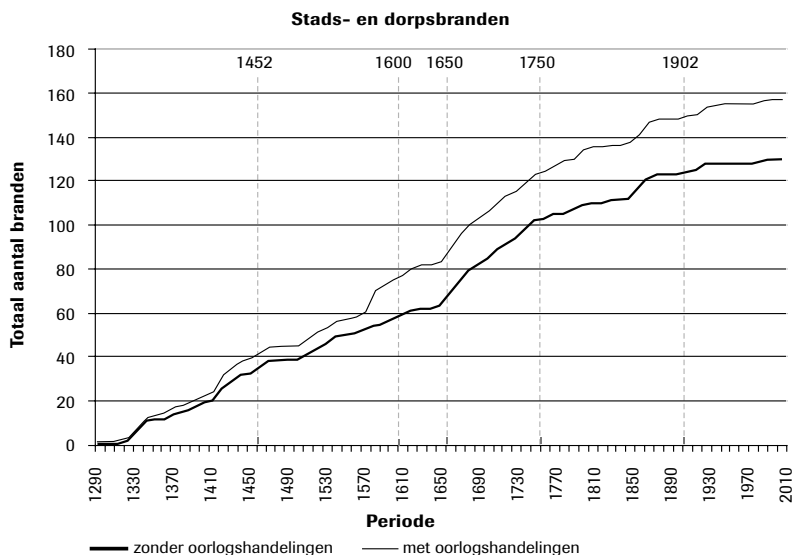
48. Dit geldt overigens voor al het veiligheidsbeleid. Denk bijvoorbeeld aan de verhoging van de aandacht voor de beveiliging tegen terrorisme (security), met name op luchthavens, na de aanslag op de Twin Towers (2001) en de voorraad jodiumtabletten bij gemeenten in Nederland na de kernramp in Tsjernobyl (1986).

van gebouwen. Daarmee rijst de vraag enerzijds of dan wel de juiste beleidswijzigingen zijn doorgevoerd, en anderzijds of de beleidswijzigingen wel op de juiste wijze worden uitgevoerd.

3.2 DE SYMBOLIEK VAN HET BRANDVEILIGHEIDSBELEID

Verschillende auteurs, zoals Edelman in de Verenigde Staten en Noordegraaf en Frissen in Nederland [Edelman, 1964; 1971; 1977; 1988], hebben gewezen op het feit dat beleid een belangrijke symbolische component kent. Helsloot betoogt dat specifiek voor het fysiek veiligheidsbeleid⁴⁹ deze symbolische component zwaarder is [Helsloot, 2007]. Dit omdat de kans op fysieke veiligheidsincidenten veelal zo laag is dat door middel van symbolisch beleid absolute veiligheid kan worden beloofd. Na incidenten worden dan ook vaak weer symbolische verbetermaatregelen ingezet vanuit dezelfde overweging, namelijk dat de kans zeer gering is dat in de nabije toekomst de effectiviteit van de symbolische maatregelen bediscussieerd hoeft te worden [Helsloot, 2007].

Figuur 3.2 Stads- en dorpsbranden van 1284 tot heden



49. Helsloot maakt onderscheid tussen *sociale onveiligheid*, wat de bedreiging van gezondheid en goederen door moedwillige criminele handelingen van derden is, en *fysieke onveiligheid*, wat de bedreiging van gezondheid en goederen door allerlei ongevallen is. Door de overheid wordt (fysiek) veiligheidsbeleid ontwikkeld en uitgevoerd om de (fysieke) onveiligheid binnen maatschappelijk aanvaarde grenzen te houden. De nadruk ligt hierbij op het voorkomen dat een ongeval plaatsvindt en wordt daarom ook wel (fysiek) *risicobeheersingsbeleid* genoemd.

Brandveiligheidsbeleid lijkt hierop geen uitzondering te zijn. Het succes van het oorspronkelijke brandveiligheidsbeleid gericht op het voorkomen van stadsbranden heeft erin geresulteerd dat de bijna geheel verwoestende stadsbranden nog maar zeer incidenteel voorkomen. De laatste stadsbrand na de vuurwerkexplosie in Enschede in 2000 is de enige brand in de twintigste eeuw die wat betreft de schade vergelijkbaar is met de stadsbranden in de middeleeuwen. In figuur 3.2 zijn het (cumulatieve) aantal grote branden weergegeven voor de periode 1284 tot heden. In de figuur is op twee momenten een duidelijke daling van het gemiddeld aantal stadsbranden per 100 jaar zichtbaar.

Deze twee momenten corresponderen met twee belangrijke keerpunten in de geschiedenis van het brandveiligheidsbeleid. Het eerste keerpunt is de organisatie en oefening van de brandbestrijding in de periode na 1750. Vanaf dat moment werd in plaatselijke brandreglementen vastgelegd wie de leiding had over de brandbestrijding en dat minstens eenmaal per jaar geoefend moest worden met het gebruik van de handbrandspuit. Het tweede keerpunt is de invoering van de Woningwet, waarin de (bouwkundige) kwaliteitseisen voor woningen werden vastgelegd.

In de periode van 1284 tot 1750 vonden stads- en dorpsbranden gemiddeld 26,6 maal per 100 jaar plaats. Na de invoering van de georganiseerde en geoefende brandbestrijding na 1750 daalde het aantal grote branden tot gemiddeld 16,4 per 100 jaar (periode 1750-1902). Na de invoering van de Woningwet in 1902 daalde het aantal stads- en dorpsbranden verder naar gemiddeld 8,5 branden per 100 jaar. Er vond niet alleen een daling van het aantal grote branden plaats, ook de schade werd beperkt van gehele steden in de middeleeuwen tot enkele tientallen woningen in de twintigste eeuw. Dit wekt de indruk dat het beleid op het gebied van organisatie en oefening van de brandbestrijding en op het gebied van bouwkundige brandveiligheid effect heeft. Toch valt niet met zekerheid vast te stellen of de twee genoemde keerpunten de belangrijkste factoren zijn geweest voor het huidige brandveiligheidsniveau in Nederland. Andere factoren, waaronder de opkomst van communicatiemiddelen zoals de telefoon en de opkomst van elektriciteit, waardoor het gebruik van open vuur minder gebruikelijk werd, zijn mogelijk ook belangrijke invloedsfactoren op de brandveiligheid.

Omdat tegenwoordig de kans op een zeer grote brand erg klein is, is het brandveiligheidsbeleid ook vatbaar voor symbolisch beleid. Een voorbeeld van een symbool van brandveiligheid zijn de vluchtrouteaanduidingen.

Beleidsmakers en -handhavers hebben veel aandacht voor de kleur, het pictogram en de locatie van vluchtrouteaanduidingen (de groene nooduitgangbordjes). Dit is technisch, tastbaar, duidelijk en eenvoudig te realiseren. Maar uit incidenteva-

luaties naar de ontluchting bij brand blijkt dat 92% van de overlevenden zich niet bewust is van de aanwezigheid van groene bordjes of ze simpelweg negeert. Het optreden van een goed opgeleide bedrijfshulpverleningsorganisatie lijkt daarentegen effectiever te zijn, maar de invulling van een dergelijke ingewikkelde organisatorische maatregel wordt volledig aan het verantwoordelijkheidsbesef van de gebouwbeheerder overgelaten. Zo zijn de groene nooduitgangbordjes een symbool voor de vluchtveiligheid in een gebouw. In de praktijk lijken zij echter nauwelijks bij te dragen aan de vluchtveiligheid.

De genoemde voorbeelden in hoofdstuk 3.1 geven aan dat er binnen het brandveiligheidsbeleid sprake is van incidentensturing. De evaluaties en actieprogramma's na grote incidenten hebben doorgaans een hoog symbolisch karakter. Zo hebben onderzoeksresultaten van rampzalige incidenten en wetenschappelijke experimenten zelden geleid tot een grondige evaluatie van de gehanteerde uitgangspunten van het brandveiligheidsbeleid. Zie bijvoorbeeld het recente Actieprogramma Brandveiligheid, naar aanleiding van de brand in het cellencomplex op Schiphol in 2005 [BZK & VROM, 2007].

De belangrijkste doelstelling van het actieprogramma is het verhogen van de veiligheidsbewustzijn⁵⁰ bij verantwoordelijken in alle fasen van het bouw- en gebruiksproces. Hiermee lijkt de aandacht van het brandveiligheidsbeleid te verschuiven van preventie (regels, handhaving en technische oplossingen) naar proactie (veiligheidsbewustzijn, integrale benadering van risico's en verantwoordelijkheidsverdeling). In het actieprogramma is overigens wel gesteld dat er uitdrukkelijk blijvende aandacht blijft voor de daadwerkelijke invulling van de verantwoordelijkheden, het toezicht op, en de naleving van de regelgeving [BZK & VROM, 2007].

De aandacht van het Actieprogramma Brandveiligheid richt zich op het veiligheidsbewustzijn, omdat gesteld wordt dat meer regels, strengere handhaving en technische oplossingen op de langere termijn niet het gewenste effect hebben. Een wetenschappelijke onderbouwing van deze stellingname op basis van een grondige beleidsevaluatie ontbreekt echter in het actieprogramma. Al eerder hebben Suurmond en Velthoven (2003) geconstateerd dat niet bekend is hoe effectief de beleidsmaatregelen en de handhaving daarvan eigenlijk zijn⁵¹ [Suurmond & Velthoven, 2003]. Daarmee lijkt de stellingname dat meer regels en een strengere handhaving

50. In dit kader wordt bij de term 'bewustzijn' gedacht aan de verantwoordelijkheid van verschillende partijen in alle fasen van het bouw- en gebruiksproces. Dit is anders dan wat in de literatuur doorgaans met bewustzijn in relatie tot brandveiligheid wordt bedoeld. In de literatuur wordt met de term bewustzijn in het kader van zelfredzaamheid bij brand bedoeld op het waarnemen van gevaarlijke situaties, het waarnemen van signalen van brand en op de bekendheid met (de veiligheidsaspecten in) het gebouw.

51. Dit is geconstateerd na een poging om te komen tot een kosten-batenanalyse voor de brandveiligheid in de horeca.

niet werken een willekeurige, waarop toch een omvangrijk (lees: kostenintensief) actieprogramma gestoeld is. Daarbij komt dat beleidsevaluaties uit het buitenland laten zien dat nieuwe technische oplossingen wel degelijk het potentieel hebben om bijvoorbeeld het aantal slachtoffers bij brand te reduceren. Ook de stellingname dat technische oplossingen op de langere termijn niet het gewenste effect hebben, wordt niet door feiten uit wetenschappelijk onderzoek bevestigd.

Zo blijkt uit Amerikaanse statistieken [NFPA, 2006a-c; NFPA, 2007] dat het aantal dodelijke slachtoffers in gezondheidszorggebouwen en logiesgebouwen 87-100% lager is wanneer het gebouw is voorzien van een automatisch blussysteem. Verder kan door het in werking treden van een automatisch blussysteem de materiële schade in bijvoorbeeld gezondheidszorggebouwen, logiesgebouwen, kantoorgebouwen en horeca met 53% tot 65% gereduceerd worden.

Ook is het aantal doden en gewonden bij brand met gestoffeerd meubilair in Groot-Brittannië drastisch gedaald⁵² na de invoering van de wetgeving voor *upholstered furniture* in 1988. Hetzelfde geldt voor de Verenigde Staten na de invoering van diverse voorschriften in de periode 1984-1997 [NIST, 2001]. Op de website van Graham (2007), Executive Director ACFSE⁵³, wordt bijvoorbeeld het volgende gemeld [14]:

'In 1988 there were 4,800 dwelling fires involving upholstered furniture in the UK. These fires claimed 245 lives and caused 1891 injuries. In 2005 there were 1417 dwelling fires involving upholstered furniture in the UK. These fires claimed 50 lives and caused 569 injuries.'

In het Actieprogramma Brandveiligheid is de intentie uitgesproken om via doelkwantificering meetbare doelstellingen voor brandveiligheid te formuleren. Dit is een zeer vooruitstrevend en aanbevelenswaardig initiatief (zie ook hoofdstuk 3.3.1). Maar er is ook nadrukkelijk genoemd dat het Actieprogramma Brandveiligheid zich niet richt op de evaluatie van wet- en regelgeving [BZK & VROM, 2007]. De beleidsvoorstellen in het actieprogramma lijken daarmee typische contradicties⁵⁴ te zijn, waarvan al eeuwenlang sprake is in het brandveiligheidsbeleid. Want, als geen evaluatief onderzoek wordt gedaan naar de effectiviteit van de bestaande beleidsmaatregelen en evenmin naar de kritische factoren die bepalend zijn voor de brandveiligheid in gebouwen, hoe kan dan bepaald worden welke verbeterpunten leiden tot een verhoogde brandveiligheid?

52. Zie ook hoofdstuk 7.1.2.

53. Alliance for Consumer Fire Safety. The Alliance brings together senior fire officers as well as Burns Victims' organisations.

54. Zie hoofdstuk 4.1 voor onderbouwing van de contradictie.

Al eerder heeft Helsloot (2006) laten zien dat ook de aanbevelingen na de Café-brand in Volendam een hoog symbolisch karakter hadden [Helsloot, 2006].

In Nederland zijn de uitgebreide lijsten met actiepunten fraaie voorbeelden van de noodzaak om duidelijk te maken dat er veel zal gaan veranderen na een crisis. Na een eerste positieve, maar noodzakelijkerwijs procesmatige voortgangsrapportage verdwijnt het precieze inzicht in de uitvoering ervan snel. Voor de 24 actiepunten uit het kabinetsstandpunt naar aanleiding van de Cafébrand in Volendam die betrekking hebben op de handhaving van de brandveiligheid, is in 2006 een analyse gemaakt. Daaruit blijkt dat voor ruim de helft er geen of slechts een marginale uitvoering aan gegeven is [Helsloot, 2006].

Wat het meest opvalt aan de casus Volendam is het onopgemerkt verschuiven van de richting van de ingezette verbeteringen naar een richting die niets meer te maken heeft met het oorspronkelijke probleem. De Vuurwerkramp in Enschede werd door media en publiek toch vooral beschouwd als een proactief falen van de overheid ('Waarom bouwt men een vuurwerkopslag in een woonwijk?'). In de publieke perceptie was de Cafébrand in Volendam echter het gevolg van brand-preventief falen van de overheid ('Waarom heeft de gemeente een dergelijke wan-toestand jaren laten voortbestaan?'). In de reactie van de verschillende overheden, zoals in het kabinetsstandpunt naar aanleiding van de Cafébrand, staat dan ook een intensivering van de *handhaving* brandveiligheid centraal. De oorzaken van het handhavingstekort op het domein brandveiligheid werden onder andere door de commissie-Alders gezien in het gebrek aan expertise en het gebrek aan capaciteit [Helsloot, 2006].

Bijzonder is echter dat zowel Rijk als gemeenten vooral hebben ingezet op *vergunningverlening*, namelijk de zogenoemde inhaalslag gebruiksvergunningen. Het al dan niet hebben van een gebruiksvergunning staat echter los van het gebruik van zeer brandbare plafondversiering die de oorzaak van de Cafébrand was. Nu de inhaalslag gebruiksvergunningen grosso modo is afgerond op kosten van de vergunningaanvragers, blijken er bij de overheid geen middelen beschikbaar voor controle en handhaving ervan [Helsloot, 2007].

Op rijksniveau bestaat het voornemen om de gemeentelijke bouwverordeningen, waarin de noodzaak en invulling van gebruiksvergunningen zijn geregeld, te laten vervangen door een AMvB Gebruiksbesluit.

Vanwege de AMvB zal alleen in bijzondere gevallen of bij grote risico's een gebruiksvergunning noodzakelijk zijn [Helsloot, 2006]. Bij het wegvallen van naar schatting 80% van de vergunningenopgave komt volgens de minister capaciteit vrij voor de controle en zorg voor naleving van de gebruiksvoorschriften. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat de capaciteit voor vergunningverlening gefinancierd

kan worden uit leges, terwijl dit voor de controle en handhaving niet mogelijk is. De minister miskent daarmee dat de verschuiving van capaciteit van vergunningverlening naar capaciteit voor handhaving daarom voorspelbaar niet (volledig) zal plaatsvinden [Helsloot, 2006]. Verder wordt in een wetsvoorstel ter verbetering van de naleving, handhaafbaarheid en handhaving van de bouwregelgeving (in artikel 1a) een expliciete zorgplicht voorgesteld voor gebruikers van bouwwerken. Dit vanuit het perspectief dat de eigen verantwoordelijkheid van ondernemers en burgers meer moet worden benadrukt. Een dergelijke zorgplicht zal vooral vanwege de aansprakelijkheidsstelling na incidenten een (symbolische) rol kunnen spelen [Helsloot, 2006].

Verder constateert Helsloot (2006) dat de samenvattende 'cultuur'-bevindingen uit de quick scan van de Commissie onderzoek cafébrand nieuwjaarsnacht 2001 de kern bevatten van de oorzaak van het falen van de handhaving van brandveiligheid tot 2001 [Helsloot, 2006]:

- Brandveiligheid heeft in de beleving van gemeentelijke functionarissen met nadruk een technisch karakter. Dit heeft tot gevolg dat zowel vergunningverlening als handhaving door het verantwoordelijk bestuur gemakkelijk 'weg'-gemandateerd wordt.
- Vergunningverlening brandveiligheid is een zaak van wettelijk vastgelegde fatale termijnen. Prioriteitstelling op basis van een veiligheidsinschatting is daarop volgend.
- Er bestaat geen bestuurscultuur op het gebied van brandveiligheid. Respondenten in de eerdergenoemde quick scan gaven regelmatig aan dat het gevoel herkend werd dat *'het in onze gemeente wel niet zal misgaan en je een gulden beter aan iets zichtbaars kunt besteden dan aan brandveiligheid'*. Wanneer er problemen zijn (met de handhaving van) een vergunning op het terrein van fysieke veiligheid, is het vanwege het ontbreken van de bestuurscultuur voorspelbaar dat aspecten als werkgelegenheid of andere bestuurlijke doelstellingen⁵⁵ zwaarder zullen wegen dan de veiligheid.

Uit de quick scan Brandveiligheid die in opdracht van de commissie-Alders werd uitgevoerd, bleek dat controles een sluitstuk vormden van de gemeentelijke inzet voor brandveiligheid, in termen van prioriteitstoekenning en budgettoedeling [Helsloot, 2006]. Er was geen (gemeentelijk) beleid voor handhaving en het vond ook nauwelijks plaats. Het tweedelijns toezicht door de provincie vond op dit onderwerp feitelijk niet plaats en ook voor de rijksoverheid had de handhaving van brandveiligheid geen prioriteit. In de periode na 2001 is het beeld niet veel positiever.

55. Zoals de bestuurlijke druk om na veranderend beleid binnen korte tijd voldoende opvangcapaciteit voor bolletjesslikkers te realiseren. Dit speelde onder andere bij de vergunningverlening van het cellencomplex op Schiphol.

Na de Nieuwjaarsbrand in Volendam is een inhaalslag begonnen met de verlening (en handhaving van) gebruiksvergunningen. Er zijn sinds 2001 twee kwantitatieve onderzoeken uitgevoerd naar de voortgang van de (handhaving van de) gebruiksvergunningverlening [Helsloot, 2006]. Het eerste onderzoek betreft het onderzoek in 2002 door de Inspectie Openbare Orde en Veiligheid onder alle gemeenten in Nederland. Het tweede onderzoek is van de VROM-Inspectie betreffende de periode 2003-2004 onder 262 gemeenten. Conclusie van het laatste onderzoek is dat circa 91% niet adequaat of gedeeltelijk adequaat scoort met betrekking tot de uitvoering van het toezicht en de handhaving bouwen [Helsloot, 2006].

Het is bovendien opvallend dat de cijfers uit het onderzoek in 2002 van de Inspectie Openbare Orde en Veiligheid ook in 2005 nog steeds de basis vormden voor het informeren van de Tweede Kamer door de minister van VROM over de stand van zaken betreffende gebruiksvergunningverlening. Een onderbouwd actueel en specifiek landelijk beeld over (de handhaving van) de brandveiligheid is niet beschikbaar [Helsloot, 2006].

Zichtbaar is in het fysiek veiligheidsbeleid dat de zware symbolische component niet heeft gestimuleerd tot het financieren van werkelijk wetenschappelijke kosten-batenanalyses [Coleman & Helsloot, 2007; Helsloot, 2007]. Ook in het brandveiligheidsbeleid ontbreken deze nog goeddeels. Suurmond en Van Velthoven hebben in 2003 een aardige tentatieve poging gedaan om de investering in de inhaalslag gebruiksvergunningen te confronteren met de baten ervan. In hoofdstuk 3.3.3 wordt nader ingegaan op kosten-batenanalyses.

3.3 KERNBEGRIPPEN IN HET BRANDVEILIGHEIDSBELEID

In deze paragraaf wordt op hoofdlijnen ingegaan op een aantal kernbegrippen in het huidige en toekomstige brandveiligheidsbeleid. Deze kernbegrippen komen in hoofdstuk 4 nader aan de orde. Eerst wordt de term doelkwantificering uiteengezet. Daarna wordt ingegaan op het acceptabel niveau van brandveiligheid, de maatschappelijke kosten-batenanalyse, de probabilistische benadering van brandveiligheid, de zelfredzaamheid van burgers en de psychonomische benadering van brandveiligheid.

3.3.1 Doelkwantificering

Vanuit bestuurlijk oogpunt wordt verondersteld dat beleid, en de toepassing en handhaving daarvan, een van de factoren is die het brandveiligheidsniveau bepalen. Hagen (2007) stelt daarbij dat de regelgeving geoptimaliseerd moet worden. Feitelijk is optimalisatie het streven om met de meest effectieve beleidsmaatregelen de resultaten te bereiken die in de beleidsdoelstellingen beoogd zijn. Om de regelgeving te kunnen optimaliseren is allereerst inzicht nodig in de effectiviteit van het huidige beleid. Verder is het nodig om de

beoogde resultaten te benoemen en meetbaar te maken. Dit kan door middel van doelkwantificering. Bij doelkwantificering gaat het immers om het benoemen van de beoogde effecten en om het meetbaar maken van de beleidsdoelstellingen.

Bij doelkwantificering kan volgens Hagen (2007) onderscheid gemaakt worden in twee niveaus van doelstellingen, te weten doelstellingen op macroniveau en doelstellingen op microniveau. Met het macroniveau wordt bedoeld op wat landelijk acceptabel is of waarnaar landelijk wordt gestreefd. Met het microniveau wordt bedoeld op het acceptabele of streefniveau per gebouwfunctie. Bij het macroniveau gaat het om het vaststellen van reductiecijfers voor het aantal branden en slachtoffers, de hoogte van de brandschaden en de mate van maatschappelijke ontwrichting. Bij het microniveau stelt Hagen voor om het optimum tussen wat acceptabel is en wat financieel, organisatorisch en technisch haalbaar is als doelkwantificering te definiëren [Hagen, 2007]. Hiermee wordt het (maatschappelijk) geaccepteerde niveau van brandveiligheid expliciet vastgelegd (zie hoofdstuk 3.3.2). Om te bepalen wat financieel, organisatorisch en technisch haalbaar is, kan een maatschappelijke kosten-batenanalyse uitgevoerd worden (zie hoofdstuk 3.3.3).

Hagen (2007) formuleert in zijn lectorale rede drie pijlers voor een nieuwe visie voor brandveiligheid [Hagen, 2007]:

- optimaliseren van regelgeving;
- verhogen van het veiligheidsbewustzijn;
- reduceren van risico's.

Geoptimaliseerde regelgeving houdt volgens Hagen in dat er uiteindelijk een systeem van regelgeving is dat bestaat uit regels waarin functionele doelen leidend zijn en waarin de regels proportioneel zijn. Bij het verhogen van het veiligheidsbewustzijn wordt een verbetering noodzakelijk geacht voor zowel bestuurders als burgers. Met betrekking tot de reductie van risico's stelt Hagen dat er een systeem moet zijn van objectgestuurde preventie en gedragsgestuurde preventie. Dit wordt bereikt door zich te richten op die omgeving waar de grootste risico's aanwezig zijn, door bij het stellen van regels nadrukkelijk uit te gaan van het gedrag van mensen bij brand en door scenario's te hanteren voor het opstellen van brandpreventieve eisen [Hagen, 2007].

3.3.2 *Acceptabel niveau van brandveiligheid*

Het aantal dodelijke slachtoffers is een van de aspecten waarmee het acceptabel niveau gedefinieerd kan worden. Gemeten aan de hand van het aantal

dodelijke slachtoffers bij brand is het brandveiligheidsniveau in Nederland relatief hoog [Geneva Association, 2005]. In Nederland zijn in de periode van 2000-2002 ongeveer 0,7 doden per 100.000 inwoners gevallen. In de Verenigde Staten zijn in de twee jaren ongeveer 1,8 doden per 100.000 inwoners gevallen. Ook in Groot-Brittannië is het brandveiligheidsniveau lager dan in Nederland, te weten 1,1 dodelijke slachtoffers per 100.000 inwoners [Geneva Association, 2005]. Nederland kent een prescriptief brandveiligheidsbeleid, terwijl in de Verenigde Staten en in Groot-Brittannië sprake is van een (uitsluitend) performance-based brandveiligheidsbeleid.

Het relatief hoge brandveiligheidsniveau in Nederland doet vermoeden dat het huidige prescriptieve beleid een positiever effect heeft op de brandveiligheid dan een beleid waarin alleen gekwantificeerde doelvoorschriften zijn opgenomen en geen geaccepteerde oplossingen (de huidige prestatie-eisen in het Bouwbesluit) zijn benoemd. Hoewel het hiervoor gestelde als redelijk overtuigend beschouwd kan worden, kan toch niet met zekerheid worden gesteld dat juist het type regelgeving bepalend is voor het landelijke brandveiligheidsniveau. Immers, er is geen wetenschappelijke kennis over de effectiviteit van het Nederlandse brandveiligheidsbeleid. Mogelijk zijn (ook) andere aspecten bepalend voor de brandveiligheid in gebouwen. Maar ook hierbij geldt dat niet bekend is welke factoren bepalend zijn voor het brandveiligheidsniveau in Nederland.

Uit studie door Lundin (2005) naar het effect van gewijzigde regelgeving in Zweden van prescriptief naar uitsluitend performance-based (doelkwantificering) komt naar voren dat de implementatie van de performance-based regelgeving niet heeft geleid tot een hoger niveau van brandveiligheid. Dit komt met name doordat de (reken)modellen voor risico-analyse en -evaluatie vaak onjuist worden toegepast, doordat ontwerpers en handhavers te weinig kennis en kunde hebben op het gebied van brandveiligheid [Lundin, 2005]. Ook in Groot-Brittannië blijkt dat dergelijke *fire safety engineering*-instrumenten vaak onjuist worden toegepast of dat niet-valide modellen worden gebruikt [Jenkins, 2005]. In Nederland leeft hetzelfde beeld. In de onderzoeken naar het gebruik van simulatiemodellen in Nederland worden namelijk dezelfde constatering en gedaan [Van Vliet e.a., 2007]. Dergelijke constatering en geven aan dat de invoering van doelkwantificering niet zonder meer gedaan kan worden, maar dat ten eerste bijzondere aandacht nodig is voor opleiding en training van de toepassers van brandveiligheidsbeleid. Ten tweede zullen de doelvoorschriften voorzien moeten worden van geaccepteerde oplossingen, bijvoorbeeld in de vorm van middelvoorschriften.

Met middelvoorschriften kan op microniveau (gebruiksfuncties van gebouwen) bepaald worden hoe de gekwantificeerde beoogde effecten, zoals gefor-

muleerd in doelvoorschriften, bereikt moeten worden. Bij doelvoorschriften kan gedacht worden aan de meetbare condities in relatie tot de dreigtijd (zie tekstkader in hoofdstuk 5.3), het maximaal aantal personen dat zich in een door brand bedreigd gebied mag bevinden en de maximale oppervlakte die door brand bedreigd mag raken. Via middelvoorschriften kunnen (meerdere) oplossingen, of combinaties van oplossingen, worden aangedragen om de doelstellingen op microniveau te kunnen bereiken. Iedere oplossing kent kosten en baten. Om de meest optimale oplossing voor een doelstelling op microniveau te kunnen bepalen is het mogelijk om op basis van de (combinatie van) middelvoorschriften een kosten-batenanalyse uit te voeren.

3.3.3 *Maatschappelijke kosten-batenanalyse (mKBA)*

Suurmond en Velthoven (2003) stellen dat een maatschappelijke kosten-batenanalyse (mKBA), zoals deze wordt toegepast bij de besluitvorming over infrastructuurprojecten van nationaal belang, toepasbaar is op het gebied van de brandveiligheid. Uit een evaluatie van de toepassing van mKBA's op het terrein van infrastructuur blijkt dat mKBA's bijdragen aan de verzakelijking van de besluitvorming, aangezien op gestructureerde wijze inzicht wordt gegeven in de effecten van voorgenomen projecten. Een mKBA is een analyse van (voorgenomen of gerealiseerde) beleidsmaatregelen en niet van maatschappelijke verschijnselen als zodanig. Een mKBA heeft altijd betrekking op veranderingen ten opzichte van een uitgangssituatie en probeert antwoord te geven op de vraag of een bepaalde maatregel de moeite waard is. Verder gaat het bij een mKBA om een inventarisatie van alle maatschappelijke effecten. Het gaat dus niet alleen om de effecten op de economie en ook niet alleen om financiële of materiële effecten. Zodra het gaat om de geldelijke waardering van mensenlevens of van het bestuurlijke imago, is het echter niet altijd even makkelijk om de kosten en baten in te schatten. Dergelijke lastig te waarderen effecten kunnen als PM-post worden meegenomen en worden voorzien van zo veel mogelijk kwantitatieve informatie. Het gebruik van een mKBA vervangt niet de besluitvorming, maar reikt slechts informatie voor een rationele besluitvorming aan. Dit wordt gedaan door de gevolgen in kaart te brengen en deze zoveel mogelijk onder één noemer te brengen. In de uiteindelijke besluitvorming moet de bijdrage aan de maatschappelijke welvaart, die blijkt uit het saldo van de op geld gewaardeerde baten en kosten, worden afgewogen tegen de PM-kosten [Suurmond & Velthoven, 2003].

Een mKBA heeft betrekking op een vergelijk tussen twee situaties. Daarom is het een uitermate geschikt instrument in de besluitvorming over de te treffen brandveiligheidsvoorzieningen. Door de kosten en de baten van twee oplossingen tegen elkaar af te wegen kan bepaald worden welke oplossing de meest optimale is. Op het gebied van de brandveiligheid is de reductie van het aantal

(dodelijke) slachtoffers een van de belangrijkste aspecten die in de berekening van de baten moeten worden meegenomen. Suurmond en Velthoven (2003) verwijzen met betrekking tot de geldelijke waardering van mensenlevens naar de dissertatie van De Blaeij uit 2003. Hierin wordt de immateriële waarde die mensen toekennen aan hun leven geschat op basis van wat zij bereid zijn te betalen om de kans op een dodelijk ongeluk te reduceren. Toegepast op verkeersveiligheid in Nederland komt ze uiteindelijk tot een bedrag van twee miljoen euro per mensenleven [Suurmond & Velthoven, 2003].

Voor een voorbeeld van een mKBA voor de brandveiligheid in de horeca wordt verwezen naar Suurmond en Velthoven (2003). In het betreffende voorbeeld is onderzocht of de directe en indirecte kosten van extra handhavingsinspanningen lager zijn dan de baten in de vorm van de vermeden schade. Uit de exercitie van de geldelijke waardering van de effecten komt naar voren dat over één cruciaal gegeven geen kwalitatieve informatie aanwezig is. Dit cruciale gegeven is de relatie tussen de extra handhaving sinds de Nieuwjaarsbrand in Volendam (2001) enerzijds en de kans op en/of de ernst van schade door brand anderzijds. Suurmond en Velthoven constateren daarmee dat niet bekend is hoe effectief de beleidsmaatregelen en de handhaving daarvan eigenlijk zijn. Omdat de geldelijke waardering van de extra handhavingsinspanningen niet mogelijk is, is gekeken hoe groot de effectiviteit van de maatregelen minimaal moet zijn om maatschappelijk rendabel te zijn. Volgens de vingeroefening van Suurmond en Velthoven is voor een positief saldo van baten en kosten ten minste vereist dat de totale brandschade met 39% wordt gereduceerd. De onderzoekers betwijfelen of de extra handhavingsinspanningen leiden tot een brandschadereductie van ten minste 39% en stellen op basis daarvan dat de indruk zich opdringt dat de middelen die sinds Volendam voor de brandveiligheid van de horeca zijn ingezet, niet maatschappelijk doelmatig besteed zijn [Suurmond & Velthoven, 2003]. Het is waarschijnlijker dat de toepassing van een automatisch blussysteem wel een effectieve besteding is. Uit Amerikaanse statistieken [NFPA, 2007] blijkt namelijk dat de toepassing van sprinklers in de horeca de materiële schade met 65% reduceert. De gegevens over het aantal slachtoffers bij branden in gezondheidszorggebouwen en logiesgebouwen tonen bovendien aan dat het aantal slachtoffers bij brand lager is als een automatisch blussysteem in werking is getreden [NFPA, 2006a-b].

3.3.4 *Probabilistische benadering van brandveiligheid*

Bij de reductie van risico's gaat het feitelijk om een probabilistische benadering van brandveiligheid. Hierbij spelen kansen en effecten een bepalende rol.

$$\text{Risico} = \text{Kans} \times \text{Effect}$$

Om de kansen en effecten te kunnen vaststellen is het nodig op grootschalige basis, en op hoogstaand niveau, evaluatief onderzoek te doen naar de oorzaken en gevolgen van branden. Bij gevolgen kan gedacht worden aan de mate van branduitbreiding, het aantal doden en gewonden en de brandschade, alle als gevolg van wel of niet functionerende brandveiligheidsvoorzieningen en het menselijk gedrag bij brand. Dit evaluatief onderzoek leidt tot statistiek en casuïstiek. Met casuïstiek wordt bedoeld op evaluaties van op zichzelf staande incidenten, waarin bijvoorbeeld een beschrijving wordt gegeven van een brand in een specifiek gebouw (de casus). Statistiek geeft een totaalbeeld van de incidenten die in een bepaalde periode hebben plaatsgevonden. Op basis van statistiek en casuïstiek kan een inschatting gemaakt worden van de kans op het ontstaan van brand in een dergelijk gebouw en van de mogelijke effecten van brand in een dergelijk gebouw. Verder kan casuïstiek inzicht geven in de mogelijke brandscenario's en de effecten van brandpreventieve maatregelen.

Op hoofdlijnen zijn twee typen casuïstiek voor brand beschikbaar. Het eerste type is de casuïstiek die vooral is gericht op de brandontwikkeling; dit is de meest beschikbare en bekende casuïstiek. Overigens zegt de beschikbaarheid van casuïstiek nog niets over de toepasbaarheid en benodigde betrouwbaarheid van de gegevens. Bij een probabilistische benadering van brandveiligheid speelt met name de (wetenschappelijke) betrouwbaarheid een belangrijke rol.

Veel fatale branden worden gekarakteriseerd door eerst een langzame en daarna exponentiële brandontwikkeling, een aanzienlijk vertraagde waarschuwing van de aanwezigen, een langzame reactietijd en een korte restperiode die overblijft voor een poging tot ontvluchting [Sime, 2001].

Het tweede type casuïstiek is vooral gericht op de ontvluchting.

Een brand met veel (dodelijke) slachtoffers is voornamelijk te wijten aan het ontwerp van vluchtroutes⁵⁶ en aan gebruikaspecten, zoals nooduitgangen die afgesloten zijn [Tubbs, 2004]. Verder is op basis van de huidige wetenschap bekend dat fatale branden voornamelijk plaatsvinden als mensen tijdens het ontstaan van de brand slapen, als mensen niet zelfstandig mobiel zijn en als er sprake is van een hoge bezettingsdichtheid. De hiervoor genoemde factoren leiden tot een hoge kans op fataliteit bij brand.

In deel 3 van deze publicatie is vooral het laatste type casuïstiek opgenomen.

56. Zoals trappenhuisen die niet brandwerend zijn afgescheiden en nooduitgangen die verborgen zijn, naar binnen draaien en/of een beperkte doorstroomcapaciteit hebben.

3.3.5 *Zelfredzaamheid van burgers*

De overheid stuurt de laatste jaren aan op een toenemende zelfredzaamheid van burgers. Zo ook op het gebied van fysieke veiligheid, en met name in relatie tot het zelfredzame gedrag van burgers bij rampen en zware ongevallen. Een onderdeel van fysieke veiligheid is de brandveiligheid van gebouwen. Een belangrijk uitgangspunt hierbij is dat in het gebouw zodanige brandveiligheidsmaatregelen zijn getroffen dat mensen in geval van een calamiteit het gebouw zelfstandig kunnen verlaten. De minimaal benodigde brandveiligheidsmaatregelen zijn vastgelegd in beleid. Met betrekking tot de zelfredzaamheid bij brand leven echter een aantal mythen die in het huidige beleid zijn toegepast. Hieronder zijn de tien belangrijkste mythen weergegeven.

1. Mensen kennen de gevaren van brand

In praktijksituaties zijn mensen zich minder bewust van de gevaren van brand dan verondersteld wordt. De gevaarsperceptie van mensen is lager dan de ernst van de situatie in werkelijkheid is.

2. Mensen vluchten zodra ze een brandalarm horen

Dat is wat in de uitgangspunten van de bouwregelgeving wordt aangenomen. Maar in werkelijkheid blijkt dat mensen vaak helemaal niet vluchten zodra ze een brandalarm horen.

3. Mensen maken bij het vluchten gebruik van de groene vluchtrouteaanduidingen

Dat is de veronderstelling, gezien de aandacht van beleidsmakers en -handhavers voor de kleur, het pictogram en de locatie van deze al dan niet verlichte nooduitgangsbordjes. Uit incidentevaluaties naar de ontvluchting bij brand blijkt echter dat 92% van de overlevenden zich niet bewust is van de aanwezigheid van groene bordjes of ze simpelweg negeert.

4. Mensen vluchten via de dichtstbijzijnde nooduitgang

Het gebruik van de dichtstbijzijnde nooduitgang is niet vanzelfsprekend. Het is niet zozeer de afstand tot de nooduitgang die de keuze voor een bepaalde uitgang bepaalt, maar mensen vluchten doorgaans via de route waarmee ze bekend zijn.

5. In gebouwen met een hoge bezettingsdichtheid wordt de zelfredzaamheid bij brand bepaald door het aantal nooduitgangen en de deurbreedte

Niet alle uitgangen worden in geval van brand gebruikt. Daardoor is er geen sprake van een evenredige verdeling van de aanwezigen over de beschikbare uitgangen, zoals in de wet- en regelgeving wordt verondersteld. Bovendien blijken de aannames in de wet- en regelgeving over de doorstroomsnelheid van nooduitgangen niet juist te zijn.

6. Liften en roltrappen zijn niet geschikt voor het vluchten bij brand

In elk ontruimingsplan en vlakbij bijna iedere lift is het te lezen: Gebruik bij brand nooit de lift. Maar als mensen zich normaal gesproken via een lift of een roltrap in een gebouw verplaatsen, zullen ze dat ook willen doen wanneer er sprake is van een noodsituatie. De schatting is dat circa 3000 mensenlevens uit WTC-2 zijn gered door een zelfstandige ontvluchting via liften gedurende de eerste 16 minuten van de ramp. Er is echter nog weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar het brandveilig gebruik van roltrappen en liften bij ontvluchting.

7. Bedrijfshulpverleners zijn overbodig: technische brandveiligheidsmaatregelen zijn veel belangrijker

Eenzijds blijkt uit onderzoek dat het slecht gesteld is met de handhaving van de technische maatregelen. Anderzijds blijkt uit incidentevaluaties en experimenten dat de inzet van een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie de reactietijd ongeveer tienmaal kan verkorten ten opzichte van een situatie waarin de ontvluchting niet door getraind personeel wordt begeleid.

8. Mensen met een permanente functionele beperking zijn het minst zelfredzaam bij brand

Vooralsnog werd aangenomen dat mensen met een handicap niet in staat zijn zichzelf te redden in geval van brand. Maar praktijkonderzoeken hebben aangetoond aan dat mensen met een functionele beperking bij brand niet per definitie minder zelfredzaam zijn dan mensen zonder functionele beperking.

9. Mensen zijn zelfredzaam bij brand als zij zich onder normale omstandigheden zelfstandig in een gebouw kunnen verplaatsen

Zelfredzaamheid bij brand is geen permanente persoonlijke eigenschap, maar een dynamische omstandigheid. De zelfredzaamheid wordt bepaald door menskenmerken, gebouwkenmerken en brandkenmerken.

10. Mensen raken in geval van brand in paniek

Quarantelli was in 1954 de eerste sociologische wetenschapper die geen bewijs vond voor de associatie van paniek met grote rampen. Toch blijft deze associatie telkens terugkomen, vooral wanneer de media berichten over ernstige branden. Hoewel gedacht wordt dat mensen bij brand in paniek raken en voornamelijk voor zichzelf zorgen, is het zo dat mensen in noodsituaties juist samenwerken en gericht zijn op het redden van elkaar.

In de praktijk blijken aanwezigen in een gebouw bij hun zelfredzame gedrag niet altijd ondersteund te worden door veiligheidsmaatregelen. Momenteel wordt de brandveiligheid in Nederland namelijk bepaald door technisch gestuurde maatregelen, waarbij het feitelijke menselijk gedrag bij brand niet leidend is. Uit incidentevaluaties blijkt echter dat de brandveiligheid voornamelijk afhankelijk is van het menselijk handelen. De brandveiligheid van een

gebouwontwerp zou daarom beter bepaald kunnen worden door gedrags-gestuurde maatregelen. Dit betekent dat het gedrag van mensen tijdens een brand leidend moet zijn voor de te treffen bouwtechnische maatregelen in een ontwerp.

3.3.6 *Psychonomische benadering van brandveiligheid*

Om het brandveiligheidsbeleid te laten aansluiten bij het werkelijke gedrag van mensen bij brand is een psychonomische benadering van brandveiligheid noodzakelijk. De Nederlandse Vereniging voor Psychonomie beschrijft psychonomie als volgt [15]:

De psychonomie richt zich op processen, zoals waarnemen, motoriek, leren, beslissen, denken, geëmotioneerd raken, spreken, schrijven, die zich in tal van situaties, bij kind en volwassene, individueel en sociaal voordoen. De psychonomie richt zich niet alleen op de logos (leer) van het gedrag, maar ook vooral op de nomos, de wetten waarmee het gedrag zich laat beschrijven en voorspellen. Psychonomisch onderzoek wordt doorgaans in laboratoria gedaan, in de vorm van experimenten met gebruikmaking van geavanceerde apparatuur. De psychonomische aanpak kenmerkt zich door een voorkeur voor het doen van proeven onder goed gecontroleerde omstandigheden, door een streven naar objectiviteit, exactheid en kwantificering en door het opstellen van toetsbare theorieën.

In de psychonomie gaat het erom te ontdekken wat de wetmatigheden zijn die het menselijk gedrag bepalen [Verwey, 2004]. Deze wetmatigheden geven inzicht in hoe mensen informatie verwerken. Experimenteel psychologen leggen de metingen vast in modellen en theorieën. Deze psychologische modellen leiden tot inzicht in de mogelijkheden en beperkingen van het menselijk functioneren. Verder geeft het inzicht in hoe mensen het beste bepaalde taken kunnen aanleren. Dankzij de theorieën en modellen kan bepaald worden hoe een training opgebouwd moet worden en hoe een apparaat of gebouw ontworpen moet worden. Het is daarbij van cruciaal belang dat de apparaten, gebouwen en trainingen die op basis van theorieën en modellen ontworpen zijn, ook daadwerkelijk op hun bruikbaarheid getoetst worden. Die evaluatie ontbreekt bij het ontwerpen van moderne systemen nogal eens, veelal vanwege geldgebrek [Verwey, 2004].

3.4 OVERZICHT VAN ONDERZOEK NAAR HET VLUCHTEN BIJ BRAND SINDS 1900

De kennis uit de wetenschap biedt veel aanknopingspunten voor het ontwerpen van een brandveilig gebouw. Deze kennis is met name te verkrijgen uit

incidentevaluaties en uit experimenten. Hieronder zijn de belangrijkste thema's van het wetenschappelijk onderzoek naar het vluchten bij brand weergegeven.

Loopsnelheden

De tijd die nodig is voor verplaatsing is relatief goed gedocumenteerd, waardoor het mogelijk is de vluchttijd voor verschillende gebouwen en verschillende populaties te voorspellen [Frantzich, 1994]. Al sinds 1900 worden studies verricht naar loopsnelheden en naar de tijd die nodig is voor verplaatsing. Diverse onderzoekers, in het bijzonder Fruin (VS), Pauls (VS), Predtetschenski en Milinski (Duitsland) [Frantzich, 1994; Fahy & Proulx, 2001; SFPE, 2002] en Habicht en Braaksma (Canada) [SFPE, 2002], hebben toonaangevende studies verricht. Pauls en Fruin hebben de afgelopen decennia uitvoerig onderzoek gedaan naar loopsnelheden in gangen en trappenhuizen en door deuropeningen. Pauls heeft bovendien uitgebreid onderzoek verricht naar de totale vluchttijd. Deze gegevens zijn voortgekomen uit incidentanalyses en loopexperimenten.

De onderzoeksresultaten van Pauls en Fruin zijn verwerkt in rekenmethodes in Noord-Amerikaanse wetgeving. De onderzoeksresultaten geven echter een beperkt beeld van de werkelijkheid, aangezien de onderzoeken voornamelijk zijn gebaseerd op het loopgedrag van mobiele jonge volwassenen in een rookvrije omgeving. Het loopgedrag van ouderen, kinderen, gehandicapten en personen die zich in rook bevinden, kan echter anders zijn dan het loopgedrag van de door Pauls en Fruin onderzochte personen [O'Connor, 2005; SFPE, 2002].

Relatie menselijk gedrag en brandontwikkeling

De eerste wetenschappelijke studies naar het menselijk gedrag bij brand in gebouwen zijn in de jaren vijftig in de Verenigde Staten gestart [Bryan, 2002]. Tijdens de eerste studies gingen de onderzoekers ervan uit dat de gebouwen brandveilig waren uitgevoerd in relatie tot het ontstaan van brand, een effectieve brandbestrijding en ontvluchting. De nadruk lag daarom op de invloed van het (sociale) gedrag van mensen op de brandontwikkeling en de overlevingskansen, en niet zozeer op de (nadelige) effecten van de brand en het gebouw voor de ontvluchting. Zo constateerden sommige onderzoekers dat het verschil tussen een kleine en grote brand vaak gerelateerd was aan het gedrag van het personeel voorafgaand aan of tijdens de brand. Verder is uit interviews met een aantal personen die bij de brand in Arundel Park in 1956 betrokken waren, naar voren gekomen dat mensen die met een groep familieleden aanwezig waren na de eerste ontvluchting opnieuw het gebouw ingingen.

Grootschalige onderzoeken naar vluchtgedrag

In de periode 1969-1974 is in Canada veelvuldig onderzoek gedaan naar ont-ruimingsoefeningen in grote kantoorgebouwen. Daarnaast kreeg in de jaren zeventig het menselijk gedrag bij brand meer aandacht, wat resulteerde in verschillende onderzoeks- en onderwijsactiviteiten.

In 1972 heeft Wood een grootschalig onderzoek uitgevoerd in Groot-Brittan-nië. Dit onderzoek betrof een survey naar het gedrag van 2193 personen die bij in totaal 952 woningbranden betrokken zijn geweest. Deze personen zijn door brandweerpersoneel geïnterviewd op basis van een standaardvragenlijst. Bryan heeft vervolgens in 1977 in de Verenigde Staten eenzelfde soort onderzoek uitgevoerd. In dit onderzoek is de methodologie van het Britse onderzoek van Wood toegepast. Het Amerikaanse onderzoek betrof 584 personen die bij in totaal 335 branden betrokken waren geweest. De helft van deze branden betrof woningbranden, de andere helft betrof branden in andere gebouwen, zoals winkels, kantoren en dergelijke. Uit de twee onderzoeken van Wood en Bryan is (opnieuw) gebleken dat familieleden de neiging hebben om terug een brandend gebouw in te gaan. Verder is uit beide studies gebleken dat mensen tijdens een ontluchting de neiging hebben om door rook te lopen en dat bij woningbranden de neiging bestaat om zelf eerst de brand te bestrijden. Hoewel de studies in landen met een verschillende culturele context zijn uitgevoerd, zijn de resultaten in essentie identiek [Bryan, 2002; Tong & Canter, 1985]. In deze publicatie wordt op meerdere plaatsen ingegaan op de resultaten uit de twee studies.

Verminderd mobiele personen

Het onderzoek naar de ontluchting door verminderd mobiele personen is in de jaren zeventig gestart [Bryan, 2002]. De interesse naar de ontluchting door deze specifieke groep werd gewekt door een onderzoek naar de ontluchting uit een hoog gebouw. Daarna zijn diverse onderzoeken uitgevoerd naar het gebruik van veilige opvangruimten en liften, zowel op basis van incidentanalyses als op basis van ontluchtingsexperimenten. Met name in Groot-Brittan-nië, Noord-Ierland en Canada is onderzoek gedaan naar de ontluchting door personen met beperkingen [Rubadiri e.a., 1997; Boyce e.a., 1999a-d; Sime, 2001; Robertson & Dunne, 1998; Robertson, 2001; Proulx, 2002]. De Britse onderzoekers Boyce, Shields en Silcock hebben onder andere de verplaatsingssnelheid van gehandicapten onderzocht in relatie tot brand [Fahy & Proulx, 2001; Boyce e.a., 1999a-d].

Routekeuze en effect van rook tijdens het vluchten

Sinds het midden van de jaren tachtig is in de Verenigde Staten nauwelijks toonaangevend onderzoek uitgevoerd naar het menselijk gedrag bij brand [Bryan, 2002]. Sinds die tijd vinden de belangrijkste onderzoeken naar het

menselijk gedrag plaats in Australië, Canada, Groot-Brittannië, Japan, Nieuw-Zeeland, Noord-Ierland, Noorwegen en Zweden. Zo zijn bijvoorbeeld diverse experimenten uitgevoerd op het gebied van routekeuze en het effect van rook tijdens het vluchten.

Verder is in de afgelopen vijftien tot twintig jaar uitvoerig onderzoek gedaan naar wayfinding. Wayfinding richt zich op de oriëntatie in gebouwen en of de aanwezigen in staat zijn snel onbekende bestemmingen te vinden. De betreffende onderzoeken hebben uitgewezen dat bepaalde architectonische constructies, ruimtelijke verbindingen en bepaalde lay-outs van gebouwen verwarrend zijn en onnodige druk leggen op mensen die gebruikmaken van deze gebouwen. De onderzoeken naar wayfinding zijn onder andere uitgevoerd in parkeergarages, winkelcomplexen, ondergrondse ruimten, ziekenhuizen, terminals bij vliegvelden, en dergelijke. Slechts enkele van deze onderzoeken lijken gericht te zijn op brandveiligheidsvoorschriften en *fire safety engineering* [Sime, 2001].

Toepassing van liften voor ontvluchting

Het idee om liften toe te passen voor de ontvluchting speelt al sinds het begin van de jaren negentig van de vorige eeuw [Proulx, 2001b]. Toch zijn slechts in beperkte mate empirische gegevens beschikbaar over de toepassing van de ideeën. De gegevens die beschikbaar zijn, geven de indruk dat met de toepassing van liften voor ontvluchting (in hoge gebouwen) vele levens gered kunnen worden.

(Pre-)vluchtgedrag in hoge gebouwen

Vanuit het NIST is omvangrijk onderzoek verricht naar het menselijk gedrag bij de WTC-ramp van 9/11 (New York, 2001). Fahy en Proulx (2005) hebben gedurende 18 maanden 745 'uitspraken uit eerste hand' verzameld, zoals die in de media zijn aangetroffen. Omdat sommige uitspraken van eenzelfde persoon afkomstig waren, zijn uiteindelijk de uitspraken van 435 personen verzameld. 251 Personen bevonden zich in WTC-1 en 184 waren in WTC-2 aanwezig. De leeftijd van de mannen (N=314) en vrouwen (N=121) die via de media uitspraken hadden gedaan, varieerde van 20 tot 89 jaar. Uit deze uitspraken is onder andere informatie bekend over het gebruik van liften tijdens de ontvluchting [Fahy & Proulx, 2005].

In een ander onderzoek naar het vluchtgedrag in WTC-1 en WTC-2 zijn door Averill en anderen (2007) meer dan 1000 overlevenden geïnterviewd. De interviews betroffen 803 telefonische interviews, 225 face-to-face interviews en zes focusgroepinterviews. Uit de eerste analyses van de interviewgegevens is onder andere naar voren gekomen dat met betrekking tot de ontvluchting uit de hoge gebouwen méér mensen fysieke beperkingen hadden dan eerder werd aangenomen [Bukowski, 2005; Proulx, 2007; Averill e.a., 2007].

Momenteel wordt nog een ander omvangrijk onderzoek naar de ontvluchting bij de WTC-ramp van 9/11 afgerond [Galea, 2005; Galea e.a., 2007a]. Meer dan 250 overlevenden van de aanslag zijn geïnterviewd door onderzoekers van de universiteiten van Greenwich, Ulster en Liverpool (GB). De onderzoekers hebben zich met name gericht op de vluchttijden, de pre-movementacties, op de doorstroming in de trappenhuizen en op het gebruik van liften in plaats van trappen. De interviewgegevens worden in een voor internationale onderzoekers toegankelijke database (HEED⁵⁷) verzameld.

Verder loopt een onderzoek naar het menselijk gedrag bij de brand in The Station Nightclub in 2003 in West Warwick, Rhode Island [Bryner e.a., 2007]. De brandontwikkeling is wat betreft scenario vergelijkbaar met de brand in de discotheek in Gothenburg en in café 't Hemeltje. Bij de brand in The Station Nightclub raakte zeer brandbare versiering aan de wanden en het plafond in brand, waarna in minder dan vijf minuten sprake was van een zeer hevige brand. Bij deze brand vielen 100 dodelijke slachtoffers en raakten honderden anderen gewond. Een bijzonder detail is dat de brand uitbrak op het moment dat er professionele video-opnamen werden gemaakt van een concert. De videobeelden tonen het ontstaan van de brand, de verdere uitbreiding van de brand en de reacties van de aanwezigen op de brand.

Toepassing van sprinklers in gebouwen met een hoge bezettingsdichtheid

Het NIST heeft, mede op basis van de videobeelden, uitgebreid onderzoek gedaan naar de brandontwikkeling in The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003). Zo zijn brandtesten uitgevoerd in een testopstelling op ware grootte die een zo precies mogelijke replica is van de oorspronkelijke ruimte waarin de brand is ontstaan. In deze testopstelling zijn meerdere brandtesten uitgevoerd. In hoofdstuk 7.4.4 wordt nader ingegaan op de resultaten van de brandtest met toepassing van een sprinklerinstallatie [Bryner e.a., 2007].

Uit het hiervoor genoemde komt naar voren dat het onderzoek naar het menselijk gedrag pas vrij kort geleden is gestart, namelijk ongeveer een eeuw geleden. Verder zijn de onderwerpen zeer uiteenlopend. Gebouwontwerpers en gebouwbeheerders kunnen bij de keuze van brandveiligheidsvoorzieningen gebaat zijn bij de resultaten uit onderzoek naar het menselijk gedrag bij brand. In het volgende hoofdstuk worden denkkaders aangereikt voor de bepaling van de brandveiligheid van gebouwen en de zelfredzaamheid bij brand van de aanwezigen in gebouwen.

57. High-rise Evacuation Evaluation Database (HEED).

HOOFDSTUK 4

DENKKADERS VOOR BRANDVEILIGHEIDS- BELEID EN ZELFREDZAAMHEID BIJ BRAND

Om het Nederlandse brandveiligheidsbeleid te laten aansluiten bij de wetenschappelijke inzichten op het gebied van brandveiligheid is een paradigmaverschuiving noodzakelijk. Een paradigma is een bepaald denkkader voor analyse en interpretatie, een specifieke lens waardoor men informatie opneemt en ordent. Het bepaalt welke aannames iemand maakt en welke vragen iemand stelt. Bovendien stelt het zekere grenzen aan de te verwachten oplossingen voor problemen. Ieder mens heeft zijn eigen denkkaders, zijn eigen wereldbeeld, en een paradigma is de algemeen geaccepteerde visie van de overgrote meerderheid.

4.1 INTRODUCTIE

In hoofdstuk 3.2 is gesteld dat het brandveiligheidsbeleid vatbaar is voor symbolisch beleid. Behalve dat tot nu toe de gehanteerde uitgangspunten van het brandveiligheidsbeleid nooit grondig zijn geëvalueerd, is in het verleden alleen gekeken naar de bijzondere kenmerken van het op zichzelf staande incident en niet naar de rechtvaardiging van de uitgangspunten van het brandveiligheidsbeleid voor alle typen risicovolle situaties. Zo is er door de eeuwen heen een kloof ontstaan tussen het beleid voor brandveiligheid en de technische en menselijke aspecten die daadwerkelijk de brandveiligheid bepalen. De huidige benadering van de brandveiligheid voor mensen in gebouwen is namelijk gebaseerd op de aanname dat het gebouwontwerp voldoende veilig is om een veilige plaats te bereiken, voordat de brand zich zodanig ontwikkeld heeft dat overleven niet meer mogelijk is [BZK, 1995a].

Zo is de veronderstelling dat mensen direct na het horen van een brandalarm starten met de ontvluchting en vervolgens naar de dichtstbijzijnde uitgang lopen. In de praktijk blijken mensen helemaal niet direct bij een brandalarm te vluchten en ook niet via de kortste en rookvrije route naar buiten te lopen, maar via de bekende route. Mensen blijken daardoor lange tijd geconfronteerd te worden met rook [Gwynne e.a., 1999; Frantzich, 1994; SFPE, 2002].

Ook blijken de uitgangspunten voor de voorschriften niet volledig te zijn.

In het Bouwbesluit wordt bijvoorbeeld door middel van de 'rookgetallen' van toegepaste materialen wel ingegaan op de effecten van rook op het zicht tijdens de ontvluchting, maar niet op de effecten van de hitte, (toxische) verbrandingsgasen en/of rook op de fysieke en psychische conditie van mensen tijdens brand. Zo is de loopsnelheid van mensen die blootgesteld worden aan de effecten van brand lager dan de loopsnelheid zoals verkregen uit loopexperimenten in normale omgevingscondities [Frantzich, 1994; Isobe e.a., 2004; Nagai e.a., 2004]. Bovendien kiezen mensen die blootgesteld worden aan de effecten van brand mogelijk een andere vluchtroute dan de kortste vluchtroute [Frantzich, 1994; SFPE, 2002]. Verder is de wetgeving voor vluchtroute- en nooduitgangaanduidingen gericht op het zicht bij normale condities. Hierbij is geen rekening gehouden met vermindering van het zicht door rook [Ouellette, 1993; Proulx e.a., 2000]. Het Bouwbesluit maakt bovendien geen onderscheid tussen meerdere brandkrommen en brandscenario's. Met name de voorstelbare brandscenario's, met daarin opgenomen het menselijk gedrag in gebouwen, zouden de basis moeten vormen voor de te nemen brandveiligheidsmaatregelen in een gebouw.

Andere voorschriften, waarvoor in het beleid veel aandacht is, lijken nauwelijks van invloed te zijn op de overlevingskans.

Zo vluchten mensen doorgaans via de bekende weg, en nauwelijks via nooduitgangen [Sandberg, 1997; Graham & Roberts, 2000; Benthorn & Frantzich, 1996]. Verder zijn mensen zich bij een ontvluchting niet of nauwelijks bewust van de aanwezigheid van groene vluchtrouteaanduidingen in het gebouw [Ouellette, 1993; Johnson, 2005]. Al in 1949, op een symposium over brandbeveiliging onder auspiciën van de toenmalige Rijksinspectie Brandweerwezen van het ministerie van Binnenlandse Zaken, ontstond er discussie over het punt om vluchtwegen (en nooduitgangen) zo te maken dat ze als normale uitgang gebruikt konden worden [Meenhorst, 1949]. Verder werd op het symposium, bijna zestig jaar geleden, een betoog gehouden over de benodigde uitgangsbreedte. Hierbij werd de Amsterdamse gouden handregel van ten minste 1,10 meter per 100 personen (ongeveer 90 personen per meter) vergeleken met Franse, Duitse, Engelse en Amerikaanse voorschriften voor de uitgangsbreedte. De conclusie van het betoog van Meenhorst (1949) luidde als volgt:

'Met name ontbreken de gegevens, die als basis moeten dienen voor het vaststellen der ontruimingstijden, die van zo grote invloed zijn op het aantal en de breedte der uitgangen. Voorts hebben wij de indruk, dat onvoldoende kennis van de factoren, die op het bepalen der ontvluchtingmogelijkheden van invloed kunnen zijn, er veelal toe leiden, dat niet geheel verantwoorde eisen door de autoriteiten worden gesteld. De veelvuldig door de brandweeren toegepaste gouden handregels voor de berekening van uitgangen, trappen en andere vluchtwegen, dienen naar onze opvatting plaats te maken voor meer wetenschappelijk ver-

antwoorde berekeningsmethodes. Hiertoe is niet alleen een nadere studie van dit onderwerp noodzakelijk, doch tevens vele proefnemingen, die de werkelijkheid zoveel mogelijk moeten benaderen.'

Helaas is de gouden handregel van 1,10 meter per 100 personen nog steeds van kracht en bovendien voor bepaalde situaties vervangen door een andere, nog optimistischere gouden handregel van 135 personen per meter uitgangsbreedte. De roep om wetenschappelijk verantwoorde berekeningsmethodes is nog steeds niet beantwoord. De ontwikkeling van het brandveiligheidsbeleid lijkt in dat opzicht al bijna zestig jaar stil te staan. Ook is vanuit het beleid nauwelijks ingegaan op de uitgesproken indruk dat onvoldoende kennis van de invloedsfactoren op de ontvluchtingsmogelijkheden leidt tot 'niet geheel verantwoorde eisen'. Immers, hiervoor, en ook in deel 3 van deze publicatie, zijn meerdere voorbeelden genoemd die de indruk niet kunnen ontcrachten, maar juist versterken.

Ook voor de zelfredzaamheid van mensen bij brand zijn de aannames en uitgangspunten niet geheel juist. Voorheen werd vanuit de brandpreventie 'zelfredzaamheid' gezien als een onveranderlijke eigenschap van een persoon. Sime (1991) stelt daarentegen dat de mate van zelfredzaamheid van een persoon gedurende het vluchtproces kan variëren en afhangt van de omgevingscondities waarin de persoon zich bevindt [Sime, 1991]. De mate van zelfredzaamheid is daarmee niet alleen afhankelijk van de persoonlijke kenmerken of het gebruikstype van het gebouw waarin de persoon zich bevindt. Ook het gebouwt ontwerp kan van invloed zijn op de mate van zelfredzaamheid.

Zo kan een slecht ontworpen of ongunstig gesitueerde nooduitgang leiden tot niet-zelfredzaamheid. Uit incidentevaluaties blijkt namelijk dat sommige dodelijke slachtoffers achter gesloten nooduitgangen zijn aangetroffen. Ook de effecten van brand, zoals rook, hitte en toxische gassen, kunnen tot situaties leiden waarbij het voor de aanwezige personen niet mogelijk is zichzelf in veiligheid te brengen [Sime, 1991]. Rookontwikkeling in de vluchtroute leidt volgens onderzoeken van Bryan en Wood tot een verminderde mobiliteit van personen die hiervan gebruikmaken [Tong & Canter, 1985]. Verder is uit incidentevaluaties gebleken dat sociale factoren bepalend zijn bij de besluitvorming, voordat een ontvluchting wordt opgestart. Met name de acties van het gebouw personeel in geval van een calamiteit blijken het gedrag van het publiek te beïnvloeden [Sime, 1991].

Uit incidentevaluaties blijkt bovendien dat méér mensen niet in staat zijn om zichzelf te redden dan voorheen werd aangenomen. Uit studies naar de ontvluchting uit de torens van het World Trade Centre in New York in 1993 en 2001 [Bukowski, 2005; Averill e.a., 2007] is bijvoorbeeld gebleken dat meerdere mensen, gewoonlijk aangemerkt als 'gemiddeld mobiel', problemen hadden

met het afdalen van trappen. Met name wanneer lange afstanden via trappen afgelegd moeten worden, ofwel in hoge gebouwen, blijkt het aantal mensen dat met beperkingen te maken krijgt hoog te zijn.

In een onderzoek naar het vluchtgedrag in WTC-1 en WTC-2 zijn overlevenden door Averill en anderen (2007) geïnterviewd. De schatting van de onderzoekers is dat op het moment van de aanslag ongeveer 17.400 (\pm 1180) mensen in de twee torens aanwezig waren. Verder is de schatting dat 2163-2180 van deze aanwezigen de aanslag niet hebben overleefd.⁵⁸ In totaal hebben ongeveer 15.200 mensen uit de torens kunnen vluchten. Op basis van de informatie uit 803 telefonische interviews met overlevenden van de WTC-ramp van 9/11 is de schatting gemaakt dat ongeveer 1000 van de 15.200 overlevenden een beperking hadden die invloed had op de vluchtmogelijkheid. De beperkingen betroffen onder andere een recente operatie of ongeval, overgewicht, hartkwalen, zwangerschap, astma, ouderdom of anderszins hulpbehoefendheid bij het lopen [Averill e.a., 2007].

Uit de evaluaties is gebleken dat deze mensen een relatief lage loopsnelheid hadden en tussentijds regelmatig moesten rusten [Bukowski, 2005]. Ook vrouwen die op schoenen met hoge hakken liepen en mannen die nieuwe knellende schoenen aan hadden, werden door overlevenden genoemd als belemmerende factoren aangezien zij langzamer liepen en opstoppen veroorzaakten.

Toen brandweer- en politiepersoneel vanuit WTC-1 naar beneden liep en daarbij probeerde elke verdieping te ontruimen, troffen zij op de twaalfde verdieping veertig tot zestig mensen met een mobiele beperking aan. Deze mensen waren tijdelijk ergens tussen de twaalfde en de twintigste verdieping gepositioneerd in een poging om opstoppen in de trappenhuizen te voorkomen [Averill e.a., 2007].

Sommige ogenschijnlijk permanente factoren, zoals mobiliteit, zijn minder permanent dan traditioneel wordt aangenomen. Bovendien is de feitelijke fysieke capaciteit van een persoon nog geen garantie voor adequaat gedrag. Een persoon kan bijvoorbeeld te laat besluiten zich te verplaatsen, terwijl deze persoon fysiek gezien wel in staat is snel te vluchten. Ook het besluit om door rook te vluchten kan aangemerkt worden als inadequaat gedrag, aangezien bekend is dat rookontwikkeling in de vluchtroute leidt tot een verminderde mobiliteit van personen die hiervan gebruikmaken [Tong & Canter, 1985; ISO, 2004]. Vele deskundigen zijn dan ook van mening dat alle mensen in een brandsituatie tot op bepaalde hoogte te maken krijgen met beperkingen [Proulx, 2002] en daarmee potentieel verminderd tot niet-zelfredzaam zijn.

58. Het totaal aantal dodelijke slachtoffers, inclusief hulpverleners, omstanders en de crew en passagiers van het vliegtuig (exclusief de tien kapers), is officieel op 2749 personen gesteld.

Voor het brandveiligheidsbeleid betekent dit dat een nieuw samenhangend stelsel van modellen en theorieën nodig is, dat een denkkader vormt waarmee de ‘werkelijkheid’ geanalyseerd kan worden. In hoofdstuk 4.2 wordt eerst ingegaan op het bestaande denkkader en in hoofdstuk 4.3 wordt een voorstel aangereikt voor het nieuwe denkkader.

4.2 HET BESTAANDE DENKKADER

4.2.1 *Bestaand denkkader voor brandveiligheidsbeleid*

In het bestaande paradigma voor de brandveiligheid van gebouwen wordt de brandveiligheid hoofdzakelijk vanuit een bouwtechnisch perspectief beschouwd, zoals deze in de bouwregelgeving is vastgelegd. Daarnaast spelen de arbowetgeving en de voorschriften voor een veilig gebruik van gebouwen een rol. In figuur 4.1 is het Nederlandse systeem voor de beoordeling van gelijkwaardige brandveiligheid weergegeven.

Een gebouwontwerper, technisch adviseur, bouwplantoetser en (andere) brandveiligheidskundigen beoordelen de brandveiligheid van een gebouw op basis van het gebouwontwerp en de bouwregelgeving.⁵⁹ Dit is het expertoordeel. De deskundige wordt bovendien beïnvloed door de maatschappelijke opinie over brandveiligheid. Na een ramp in een café ligt de nadruk van de deskundigen op de beoordeling van de brandveiligheid in cafés. En na een ramp in een cellengebouw richten de deskundigen zich vooral op de brandveiligheid in cellengebouwen.

Bij het expertoordeel wordt antwoord gegeven op de vraag: *Wordt het gebouwontwerp als veilig beschouwd?* In het gebouwontwerp is een bepaalde mate van brandveiligheid uitgewerkt in technische maatregelen en in de wetgeving is vastgelegd welke veiligheid vereist is. Nederland kent een prescriptieve bouwregelgeving, te weten het Bouwbesluit. Daarmee is de benadering van veiligheid vanuit het beleidsperspectief (in oorsprong) niet doelgericht, maar vooral gericht op het middel en daarmee oplossingsgericht.

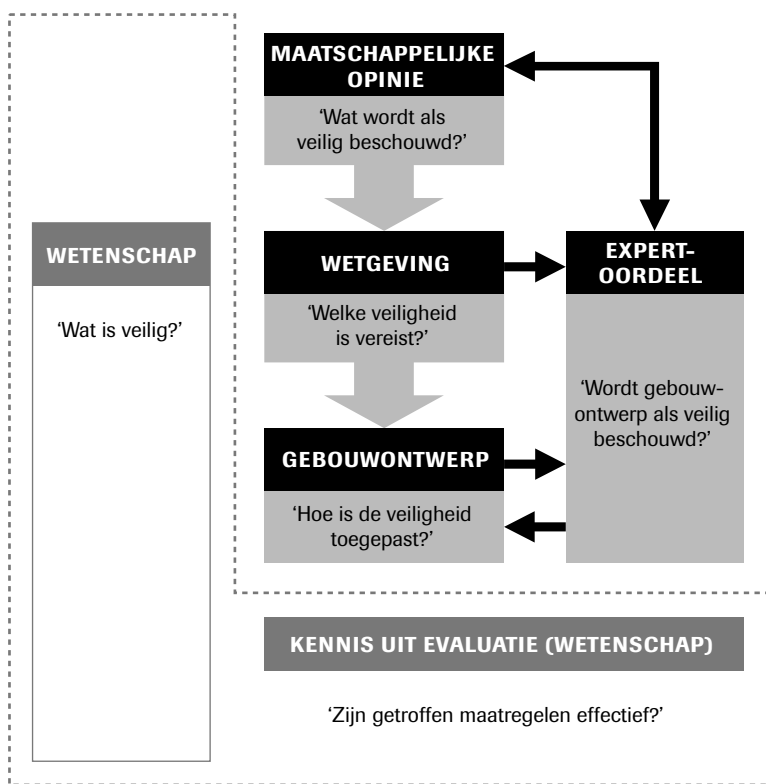
De kennis uit wetenschappelijk onderzoek speelt momenteel een ondergeschikte rol bij de ontwikkeling van het brandveiligheidsbeleid. Met name de economische en maatschappelijke motieven, de maatschappelijke opinie, bepalen de uitgangspunten voor brandveiligheid. Pogingen om de weten-

59. Ook gebruiksvoorschriften spelen een bepalende rol bij de beoordeling van het brandveiligheidsniveau van een gebouw. In de huidige beoordelingspraktijk voert de bouwregelgeving echter de boventoon en spelen gebruiksaspecten een ondergeschikte rol.

schappelijke basis van de uitgangspunten te achterhalen, leiden dan ook tot de conclusie dat:

- kennis over menselijk gedrag bij brand voornamelijk is gebaseerd op verslagen van zeer grote branden en verhalen over zeer zeldzaam gedrag [SBR, 1984];
- veel veiligheidsonderzoek is gericht op het betrouwbaar functioneren van technische voorzieningen, maar niet op het effect van die voorzieningen op het menselijk gedrag en het gebruik ervan [Van Soomeren e.a., 2007].

Figuur 4.1 Huidig systeem voor de beoordeling van brandveiligheid



Wanneer wordt afgeweken van de voorgeschreven bouwkundige voorschriften, moet de gelijkwaardigheid van het brandveiligheidsniveau worden aangetoond. Hierbij speelt de vraag 'wat is veilig?' een zeer belangrijke rol, omdat deze de basis vormt voor een mogelijke toets op gelijkwaardigheid. In het huidige brandveiligheidsbeleid wordt echter niet in meetbare doelstellingen antwoord gegeven op deze vraag. Hierdoor is het zeer lastig de mate van

gelijkwaardigheid te bepalen van afwijkende oplossingen.⁶⁰ Anders gesteld: de validatie van de aannames in de voorschriften ten opzichte van de effecten van de voorschriften op de brandveiligheid lijkt geen bepalende rol te spelen in het huidige brandveiligheidsbeleid.

Omdat de doelen niet zijn omschreven, is het bijzonder lastig alternatieve brandveilige oplossingen, anders dan de bouwkundige oplossingen zoals in het Bouwbesluit zijn voorgeschreven, te beoordelen op brandveiligheid.

4.2.2 *Bestaand denkkader voor zelfredzaamheid bij brand*

Tot op heden wordt zelfredzaamheid bij brand in gebouwen veelal geassocieerd met mobiliteit; dit is het vermogen van mensen om zich, zonder hulp van anderen, uit een gebouw te verplaatsen [Oomes, 2006].

Uit de eerste verkenningen naar de term 'zelfredzaamheid' vanuit een bouwkundig perspectief op de ontvluchting uit gebouwen is gebleken dat er een driedeling bestaat in de mate van zelfredzaamheid [Kobes, 2005]:

- zelfredzaamheid;
- verminderde zelfredzaamheid;
- niet-zelfredzaamheid.

Jonge kinderen, ouderen, gehandicapten, ingesloten (in een cel of psychiatrische inrichting) en bedlegerige personen worden door brandpreventiedeskundigen doorgaans aangemerkt als 'niet- of verminderd zelfredzaam'. Er kan gesteld worden dat het onderscheid tussen verminderd zelfredzaam en niet-zelfredzaam niet geheel duidelijk is. De literatuur verwijst bij een verminderde zelfredzaamheid vooral naar specifieke groepen mensen met beperkingen die maken dat zij minder dan 'gemiddeld' mobiel zijn. [Kobes, 2005; Oomes, 2006]. In relatie tot niet-zelfredzaamheid worden twee niveaus van mobiliteit onderskend [Oomes, 2006]:

- *verminderde mobiliteit*

Dit wordt gezien als een interne factor; men is niet meer of nog niet zelfstandig mobiel. Denk hierbij aan gehandicapten, kinderen en mensen die onbekend zijn met de taal en de infrastructuur waarin zij verblijven.

- *verhinderde mobiliteit*

Deze ontstaat in die situaties waarin mensen op zichzelf als mobiel en zelfredzaam kunnen worden gezien, maar waarin zij gehinderd worden in

60. Bij afwijkende oplossingen moet gedacht worden aan oplossingen anders dan de bouwkundige oplossingen die het Bouwbesluit voorschrijft.

hun zelfredzaamheid door externe factoren. Bijvoorbeeld door afgesloten ruimten (gevangenissen, treinen), complexe gebouwen (stations met meervoudig ruimtegebruik) en grote groepen mensen (evenementen zoals Sail en de vrijmarkt op Koninginnedag).

Behalve mensen met beperkingen in mobiliteit, worden ook mensen met beperkingen in het waarnemings- en beoordelingsvermogen als verminderd tot niet-zelfredzaam aangemerkt. Er is een verschil tussen mensen met permanente beperkingen en mensen met tijdelijke beperkingen. Denk bij mensen met permanente beperkingen onder andere aan rolstoelgebruikers, blinden, doven en psychiatrische patiënten. Mensen met tijdelijke beperkingen zijn bijvoorbeeld ziekenhuispatiënten en zwangere vrouwen. Volgens Proulx (2002) gedragen mensen met permanente beperkingen zich bij een ontvluchting – onder normale omstandigheden – niet minder zelfredzaam dan mensen zonder beperkingen [Proulx, 2002]. Dit betekent dat mensen met een handicap niet per definitie verminderd zelfredzaam zijn. Zo kan een persoon die blind is zich bijvoorbeeld bij verslechterd zicht als gevolg van lichtuitval doorgaans beter oriënteren dan personen zonder zichthandicap [Passini & Proulx, 1988, in: Sime, 1991].

Behalve dat een onderscheid gemaakt kan worden tussen mensen met tijdelijke en permanente beperkingen, kan de typering van de beperkingen ook gerelateerd worden aan de driedeling van het vluchtproces.⁶¹ Bij het eerste proces van het bewust worden van gevaar kunnen problemen optreden die worden veroorzaakt door beperkingen in het waarnemingsvermogen. Zo ontwaakt iemand die slechthorend is minder snel bij het afgaan van een rookmelder dan iemand die goed kan horen. Bij het tweede proces van de validatie van en de reactie op gevaarssignalen speelt de besluitvorming een belangrijke rol. Hier kunnen problemen ontstaan die gerelateerd zijn aan beperkingen in het beoordelingsvermogen. Zo reageert iemand die onder invloed is van alcohol of medicijnen doorgaans minder weloverwogen dan iemand die nuchter is. Verder hebben kinderen en mensen met een verstandelijke handicap de neiging om zich in geval van brand te verstoppen, bijvoorbeeld in een kast of onder een bed, in plaats van naar buiten te gaan. Bij het derde proces van de verplaatsing naar een veilige omgeving kunnen problemen optreden die te maken hebben met beperkingen in de mobiliteit. Zo heeft iemand met een knieblesure meer moeite met het afdalen van trappen dan iemand die fysiek gezond is. Bijlage 3 gaat nader in op de kenmerken van de categorie verminderd zelfredzame personen.

61. Zie hoofdstuk 6.2.3.

Uit de literatuur blijkt dat de mate van zelfredzaamheid afhankelijk is van de brandkenmerken, de gebouwkenmerken en de menskenmerken. Kortom, de persoonsgebonden benadering van zelfredzaamheid bij brand is achterhaald: er is een nieuw denkkader voor zelfredzaamheid bij brand noodzakelijk.

4.3 HET NIEUWE DENKKADER

4.3.1 *Nieuw denkkader voor brandveiligheidsbeleid*

In de regelgeving worden aspecten als brand- en rookontwikkeling en het menselijk gedrag in gebouwen als 'standaard' beschouwd, of zelfs buiten beschouwing gelaten. Maar uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat de mate van brandontwikkeling onder andere afhankelijk is van het soort materiaal dat aanwezig is. Verder blijkt dat het gedrag van mensen onder andere afhankelijk is van het type gebouwfunctie. Beide aspecten worden nauwelijks in de beoordeling van de benodigde brandveiligheidsmaatregelen meegenomen. Hieronder wordt een nieuw denkkader voor brandveiligheidsbeleid voorgesteld.

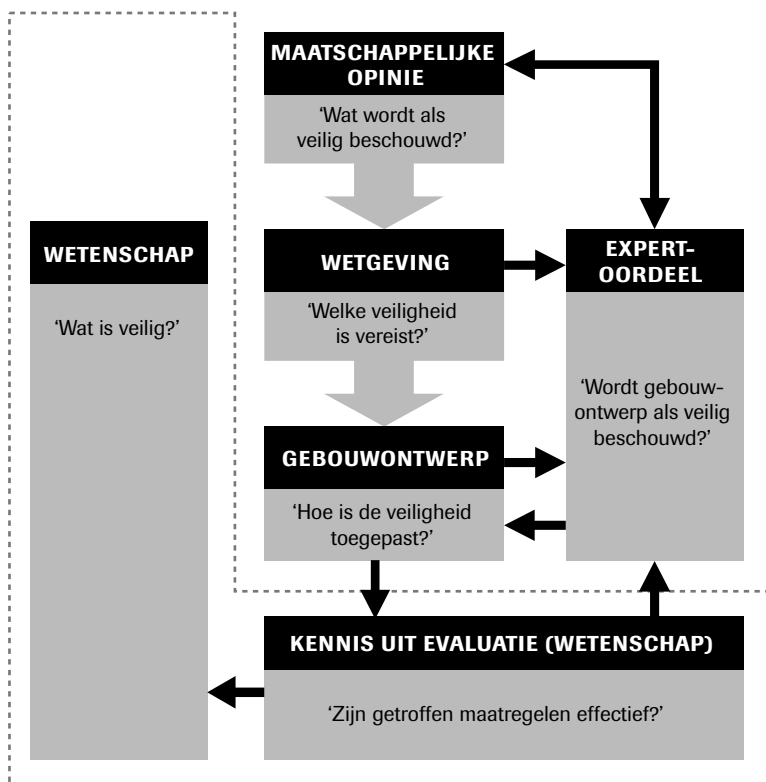
In het nieuwe denkkader is de wetenschappelijke kennis de basis voor beleidsmaatregelen. In de vorige paragraaf is geconstateerd dat het huidige beleid nauwelijks gebruikmaakt van de huidige wetenschappelijke kennis. Een benadering van brandveiligheid waarbij de actuele wetenschappelijke kennis wel een bepalende rol speelt, is de performance-based benadering. Bij een performance-based benadering van brandveiligheid wordt uitgegaan van zogeheten doelvoorschriften, waarin de meetbare doelstellingen van brandbeveiliging zijn weergegeven. Het stellen van meetbare doelen wordt aangeduid als 'doelkwantificering'. Verder wordt uitgegaan van een probabilistische benadering van brandveiligheid (risicobenadering). In hoofdstuk 3.3.1 worden de aspecten van doelkwantificering nader besproken en in hoofdstuk 3.3.4 komt de probabilistische benadering van brandveiligheid aan de orde.

In figuur 4.2 is het beoordelingssysteem van brandveiligheid vanuit de wetenschap weergegeven. In dit systeem vormt de wetenschap, samen met de maatschappelijke opinie over geaccepteerde risico's, de basis voor de wetgeving. In de wetenschap wordt gekeken naar de vraag: *Wat is veilig?* De antwoorden op deze vraag komen voort uit de evaluatie van het beleid door middel van incidentanalyses en wetenschappelijke experimenten. Incidentanalyses leiden tot casuïstiek en statistiek. De kennis uit casuïstiek, statistiek en wetenschappelijke experimenten wordt de fundamentele wetenschap genoemd. De gegevens uit de evaluatie geven ook input voor het expertoordeel. Hierbij kan gedacht worden aan brandtesten met specifieke installaties, bouwconstructies

en bouwmaterialen. Daarbij spelen de antwoorden op de vraag *Zijn de getroffen maatregelen effectief?* een belangrijke rol. Dit wordt aangeduid met de term 'toegepaste wetenschap'.

De kennis uit de wetenschap wordt getoetst aan de maatschappelijke opinie. Hierbij wordt ingegaan op de vraag *Hoe veilig willen we het hebben?* of anders gesteld: *Wat wordt als veilig beschouwd?* Verder bestaat er een onderlinge beïnvloeding tussen de wetenschap en de maatschappelijke opinie. Zo bepaalt de opinie van toonaangevende wetenschappers voor een deel de opinie van de samenleving als geheel. De maatschappelijke opinie bepaalt bovendien voor een groot deel de onderzoeksagenda van wetenschappers. Immers, het onderzoek op het gebied van brandveiligheid moet vanuit de samenleving gefinancierd worden. Maar ook de morele, ethische en wetenschappelijke grenzen voor onderzoek komen uit de samenleving.

Figuur 4.2 Beoordelingssysteem brandveiligheid vanuit wetenschap



De paradigmaverschuiving naar een beoordelingssysteem vanuit de wetenschap, via doelkwantificering en een probabilistische benadering van brandveiligheid, betekent overigens niet dat het per definitie noodzakelijk is de

bouwregelgeving aan te passen van volledig prescriptief naar uitsluitend performance-based. Dit is zelfs helemaal niet wenselijk. Uit een studie door Lundin (2005) naar het effect van gewijzigde regelgeving in Zweden van prescriptief naar uitsluitend performance-based (doelkwantificering) komt namelijk naar voren dat de implementatie van de performance-based regelgeving niet heeft geleid tot een hoger niveau van brandveiligheid. Lundin stelt op basis van zijn bevindingen onder andere dat een continue ontwikkeling van een prescriptieve ontwerpmethode nodig blijft. Een van zijn argumenten is dat prescriptieve ontwerpoplossingen (zoals de huidige prestatie-eisen) de beste basis vormen om te bepalen welke oplossingen wel en niet acceptabel zijn voor de invulling van de doelvoorschriften [Lundin, 2005].

Wellicht kan de prescriptieve vorm van regelgeving gehandhaafd blijven en is het slechts noodzakelijk het huidige brandveiligheidsbeleid (met name het Bouwbesluit) aan te vullen met meetbare doelvoorschriften, op basis waarvan de mate van gelijkwaardigheid van alternatieve ontwerputvoeringen bepaald kan worden. Pas nadat een uitvoerige beleidsevaluatie is uitgevoerd, kan – afhankelijk van de resultaten uit deze evaluatie – een uitspraak gedaan worden over de noodzaak van het aanpassen van de regelgeving naar een beoordelingssysteem vanuit doelkwantificering. Bij een dergelijke beleidsevaluatie zou gekeken moeten worden naar de basis van de regelgeving en naar de effecten van deze regelgeving in termen van ‘mate van (on)veiligheid’, ‘mate van handhaafbaarheid’, en dergelijke.

Het ontwerpen volgens de benadering vanuit de wetenschap wordt aangeduid met *fire safety engineering*. De doelstellingen van het Nederlandse beleid voor brandveiligheid vallen binnen de doelstellingen van *fire safety engineering*. De doelstellingen van het Nederlandse beleid voor brandveiligheid zijn [BZK, 1995a]:

- het zo veel mogelijk voorkomen van doden en/of gewonden met blijvend letsel en het zo veel mogelijk beperken van het aantal gewonden zonder blijvend letsel bij brand;
- het zodanig beheersen van een brand in een gebouw, dat – zowel direct als indirect – zo min mogelijk nadelig effect buiten een vooraf bepaald gebied ontstaat.

Fire safety engineering is de toepassing van:

- ontwerptechnische uitgangspunten;
- voorschriften; en
- expertoordeel, dat gebaseerd is op een wetenschappelijke beoordeling van:
 - het brandgedrag;
 - de effecten van brand; en
 - de reactie en het gedrag van mensen;

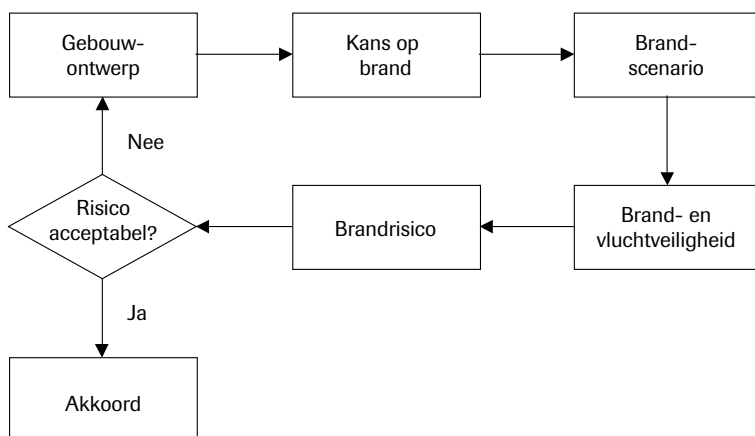
met het doel om:

- slachtoffers te beperken;
- eigendommen en het milieu te beschermen;
- gevaar en risico van brand, evenals de effecten van brand, te kwantificeren; en
- de optimale beschermende en brandpreventieve maatregelen te evalueren die nodig zijn om de gevolgen van brand – binnen vastgelegde niveaus – te beperken [EC, 2002].

Een van de doelstellingen van *fire safety engineering* is om het gevaar en risico van brand, evenals de effecten van brand, te kwantificeren. Anders gezegd gaat het om een probabilistische benadering van brandveiligheid. Bij brandveiligheid in gebouwen gaat het enerzijds om het beperken van de gevaarsdreiging van brand en anderzijds om de bescherming van mensen die in het gebouw aanwezig zijn. Bij dit laatste speelt de vluchtveiligheid een belangrijke rol. Bij de gevaarsdreiging spelen brandscenario's (ontstaan van brand en brandontwikkeling) een belangrijke rol.

Figuur 4.3 bevat een uitwerking van het principe van een probabilistische benadering van brandveiligheid op gebouwniveau.

Figuur 4.3 Voorbeeld van een probabilistische benadering van brandveiligheid



Bij een probabilistische benadering van brandveiligheid gaat het om kansen en effecten, die samen het risico vormen. In de probabilistische benadering moeten allereerst de kenmerken van het gebouwwontwerp beschreven worden. Dit is het uitgangspunt voor de bepaling van de kansen en de effecten van brand in het betreffende gebouw. In deze beschrijving van het gebouwwontwerp is het van belang ten minste de volgende onderdelen te benoemen:

- fysieke kenmerken van het gebouw (omvang, constructie, materialen en cetera);
- gebruiksaspecten van het gebouw (gebruiksfunctie, bezettingsdichtheid, bedrijfsmanagement et cetera);
- getroffen brandveiligheidsmaatregelen, zowel technisch als organisatorisch.

Vervolgens moet op basis van statistiek en casuïstiek een inschatting gemaakt worden van de kans op het ontstaan van brand in een dergelijk gebouw en van de mogelijke effecten van brand in een dergelijk gebouw. Zo is het noodzakelijk gebruik te maken van (internationale) statistische gegevens over gebouwen met de betreffende gebruiksfunctie omtrent:

- aantal gebouwen met een dergelijke gebruiksfunctie;
- aantal branden per jaar;⁶²
- oorzaken van brand (brandscenario's);
- uitbreiding van brand (brandscenario's);
- aantal slachtoffers bij brand (brandscenario's);
- materiële schade van brand (brandscenario's).

Uit de statistiek en casuïstiek kunnen voor het betreffende gebouwwontwerp vervolgens de brandscenario's en het brandrisico van de mogelijke brandscenario's bepaald worden. Feitelijk worden daarmee de kritische factoren voor de brand- en vluchtveiligheid in het gebouwwontwerp benoemd.

Zoals eerder gesteld is de paradigmaverschuiving naar een beoordelingsstelsel vanuit de wetenschap gebaseerd op de uitgangspunten van *fire safety engineering*. Bij *fire safety engineering* gaat het feitelijk om 'toegepaste brandveiligheidskunde', wat de wetenschappelijke beoordeling is van:

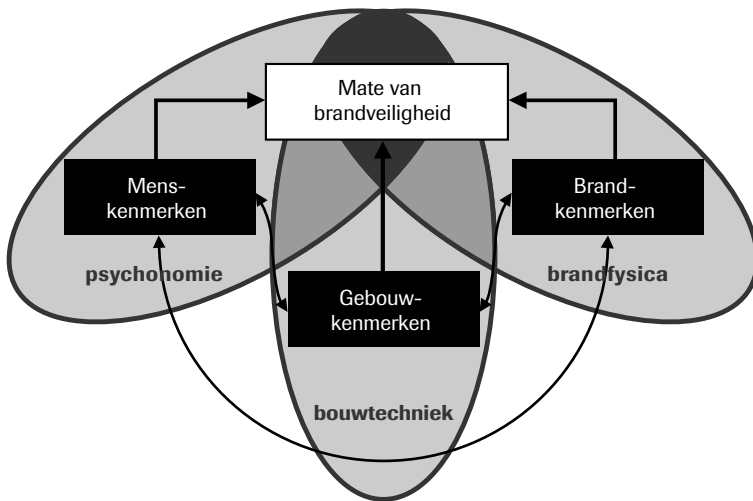
- typische kenmerken van een brand (brandfysica);
- gebouwwontwerp (bouwtechniek en architectuur);
- gedrag van de mens (gedragkunde) in relatie tot brandveiligheid.

62. De kans op het ontstaan van brand is het aantal branden in een jaar gedeeld door het aantal gebouwen in datzelfde jaar.

Wetenschappelijk gezien gaat het om een benadering van brandveiligheid vanuit drie disciplines:

- *fysische brandveiligheidskunde (brandfysica)*
Dit is de wetenschap over het ontstaan, de ontwikkeling en de repressie van (de effecten van) brand;
- *bouwtechnische brandveiligheidskunde (bouwtechniek)*
Dit is de wetenschap over het architectonische, bouwkundige en installatietechnische gebouwontwerp in relatie tot het ontstaan, de ontwikkeling en repressie van (de effecten van) brand en het vluchten bij brand;
- *psychonomische brandveiligheidskunde (psychonomie)*
Dit is de wetenschap over de interactie tussen de omgeving en het gedrag van mensen in deze omgeving.⁶³

Figuur 4.4 Onderwerpen van brandveiligheidskunde



Fysische brandveiligheidskunde (brandfysica)

Bij fysische brandveiligheidskunde gaat het om de brandontwikkeling, de brandeffecten en de repressie. De brand staat hierbij centraal. Bij brandontwikkeling spelen de zogeheten brandkrommen en brandscenario's een bepalende rol. Een brandkromme is de weergave van de ontwikkeling van brand gemeten in tijd. De ontwikkeling van brand wordt weergegeven in temperatuur, stralingswaarde, verbrandingswaarde, toxische waarde, en dergelijke. Een brandscenario beschrijft het ontstaan en de ontwikkeling van brand in relatie tot de kenmerkende eigenschappen van een object, zoals een gebouw. Bij

63. Bij het gedrag van mensen wordt gedacht aan zowel wayfinding in een gebouw als de acties om brand te voorkomen, de ontwikkeling van brand (en rook) te beperken en de acties voorafgaand aan en tijdens een ontvluchting.

brandeffecten valt te denken aan de gevolgen van hitte en rook voor de mens en het gebouw. Bij repressie spelen de mogelijkheden voor brandbeheersing en brandbestrijding een bepalende rol. Brandbeheersing is het beperken van de (effecten van) brand en brandbestrijding is het daadwerkelijk blussen van een brand. Het gaat bij brandweerkundige repressie zowel om de voorbereiding als de uitvoering van het repressief optreden van een brandweerorganisatie. De fysische brandveiligheidskunde richt zich op de wederzijdse beïnvloeding van de menskenmerken en de brandkenmerken en van de gebouwkenmerken en de brandkenmerken.

Bouwtechnische brandveiligheidskunde (bouwtechniek)

Bij bouwtechnische brandveiligheidskunde gaat het over de technische maatregelen die genomen zijn ten behoeve van de brandveiligheid in een gebouw. Het gebouw staat hierbij centraal. Bij technische maatregelen valt te denken aan de onbrandbaarheid van materialen, brand- en rookcompartimentering, plaats en uitvoering van nooduitgangen, automatische blusinstallaties, en dergelijke. De technische maatregelen zijn onder te verdelen in passieve (of: fysieke) maatregelen, zoals compartimentering, en actieve (of: installatie-technische) maatregelen, zoals een sprinklerinstallatie. De bouwtechnische brandveiligheidskunde richt zich op de wederzijdse beïnvloeding van de brandkenmerken en de gebouwkenmerken en van de menskenmerken en de gebouwkenmerken.

Psychonomische brandveiligheidskunde (psychonomie)

Bij psychonomische brandveiligheidskunde (architectuur en gedragskunde) gaat het om het menselijk gedrag in een gebouw, zowel voorafgaand aan als tijdens een brand. De mens staat hierbij centraal. Enerzijds gaat het om sociale factoren, zoals groepsafhankelijk gedrag, en anderzijds om persoonlijke factoren, zoals opmerkzaamheid en mobiliteit. Bij beide typen factoren gaat het voornamelijk om het vermogen om een bepaald gedrag te uiten en om de intenties en motieven voor een bepaald gedrag. De gedragsmotieven bestaan uit intern gestuurde motieven, die tot uiting komen in intuïtief of aangeleerd gedrag, en uit extern gestuurde motieven, die tot uiting komen in gedrag dat is beïnvloed door situationele omgevingsaspecten. Deze situationele omgevingsaspecten kennen een sociale en/of technische dimensie. Bij de sociale dimensie valt bijvoorbeeld te denken aan groepsafhankelijk gedrag en de training en aanwezigheid van een bedrijfshulpverleningsorganisatie. Bij de technische dimensie kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de toegankelijkheid van vluchtroutes. Bij de technische dimensie speelt het gebouwmanagement een bepalende rol. Hierbij valt te denken aan *good housekeeping*, met aandacht voor de werking van zowel de technische als de sociale maatregelen in een gebouw. De psychonomische brandveiligheidskunde richt zich op de wederzijdse beïnvloeding van de brandkenmerken en de menskenmerken en van de gebouwkenmerken en menskenmerken.

In figuur 4.4 is te zien dat er een wederzijdse beïnvloeding bestaat tussen de drie aspecten brandkenmerken, gebouwkenmerken en menskenmerken. Hieronder zijn de interacties nader toegelicht.

De interactie tussen brandkenmerken en gebouwkenmerken:

- De invloed van de brand op het gebouw komt tot uitdrukking in:
 - activering van installaties;
 - mate van (on)veiligheid bij de ontvluchting uit een gebouw tijdens brand en tijdens het repressief optreden in een gebouw tijdens brand. Hierbij valt te denken aan rookverspreiding, instortingsgevaar en dergelijke.
- De invloed van het gebouw op de brand komt tot uitdrukking in:
 - brandkrommen en brandscenario's;
 - werking van beschermende maatregelen. Hierbij valt te denken aan (on)brandbare materialen, compartimentering en dergelijke.

De interactie tussen menskenmerken en gebouwkenmerken:

- De invloed van de mens op het gebouw komt tot uitdrukking in:
 - risico van het ontstaan van brand;
 - onderhoud en de beschikbaarheid van beschermende maatregelen, zoals van nooduitgangen en dergelijke.
- De invloed van het gebouw op de mens komt tot uitdrukking in de mogelijkheid tot het snel ontdekken van een brand en tot het snel vluchten uit een gebouw. Hierbij valt te denken aan het gemak van wayfinding in een gebouw.

De interactie tussen brandkenmerken en menskenmerken:

- De invloed van de brand op de mens komt tot uitdrukking in:
 - beslissen onder tijdsdruk;
 - nadelige effecten van hitte en rook op het waarnemingsvermogen, het beoordelingsvermogen en het menselijke bewegingsapparaat, die de veranderende mate van zelfredzaamheid bepalen.
- De invloed van de mens op de brand komt tot uitdrukking in:
 - (on)voorzichtigheid bij brandgevaarlijke activiteiten, waardoor brand kan ontstaan of het ontstaan van brand kan worden voorkomen;
 - al of niet beperken van het brandgevaar door een blusactie uit te voeren, bijvoorbeeld door bedrijfshulpverleners;
 - repressief optreden van een brandweerorganisatie in termen van techniek en procedures.

In de huidige benadering van brandveiligheid ligt de nadruk op de interactie tussen brandkenmerken en gebouwkenmerken. De traditionele benadering

van brandpreventie, namelijk vanuit de bouwtechnische brandveiligheidskunde, zal in de nieuwe benadering aangevuld moeten worden met kennis vanuit de wetenschap op het gebied van brandfysica en psychonomie. De zelfredzaamheid bij brand is daarin van groot belang.

4.3.2 *Nieuw denkkader voor zelfredzaamheid bij brand*

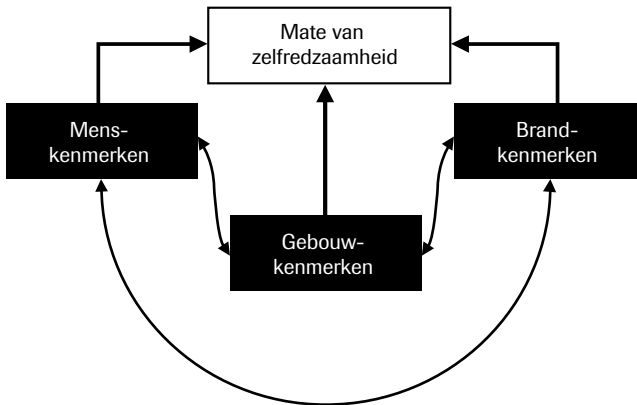
In de eerste fase van een brand zijn de aanwezigen in een gebouw vooral aangewezen op zichzelf en op de mensen in hun directe omgeving. Het gedrag van mensen in deze eerste fase is het meest bepalend. Met name het gedrag in reactie op de eerste signalen van brand is van invloed op de mogelijkheid om de brand te overleven. Daarnaast speelt de beschikbaarheid van brandveiligheidsvoorzieningen, zoals brandbestrijdingsmiddelen, vluchtroutes en nooduitgangen een bepalende rol. De hulp van professionele hulpverleningsdiensten, zoals de redding door de brandweer en de medische bijstand door de ambulancedienst, komt pas na de eerste, meest bepalende fase op gang. Deze professionele redding en medische bijstand zijn daarmee van secundair belang. Kortom, de kans op het overleven van een brand wordt bepaald door het zelfredzame gedrag van burgers bij brand, ook wel aangeduid met de term 'zelfredzaamheid bij brand'.

Zelfredzaamheid bij brand is het menselijk vermogen om signalen van gevaar waar te nemen en te interpreteren, en om beslissingen te nemen en uit te voeren die gericht zijn op het overleven van een brandsituatie.

Op hoofdlijnen zijn drie factoren bepalend voor de mate van zelfredzaamheid bij brand in een gebouw. Deze drie factoren zijn:

- gebouwkenmerken, bestaande uit:
 - fysieke kenmerken;
 - gebouwgebonden situatiekenmerken, die zijn gerelateerd aan de gebruikaspecten van een gebouw;
- brandkenmerken;
- mensenkenmerken, bestaande uit:
 - persoonskenmerken van aanwezigen in een gebouw;
 - sociale kenmerken, die voortkomen uit de interactie tussen mensen onderling;
 - persoonsgebonden situatiekenmerken, die voortkomen uit omstandigheden die voor de individuen in een gebouw onderling kunnen verschillen.

In figuur 4.5 is de interactie tussen de factoren schematisch weergegeven.

Figuur 4.5 Factoren die van invloed zijn op de mate van zelfredzaamheid

De eerste factor die een directe invloed heeft op de mate van zelfredzaamheid betreft de brandkenmerken. Een brand is het proces van de ontsteking en de verbranding van materialen waarbij hitte en rook vrijkomen. De gevaren van brand voor de mens zijn te kenmerken door:

- snelheid van de brandontwikkeling;
- mate van de verbrandingseffecten, zoals hitte- en rookontwikkeling;
- waarneembaarheid van de brand en de verbrandingseffecten.

Ook gebouwkenmerken hebben een directe invloed op de mate van zelfredzaamheid. Een gebouw is een fysiek omsloten omgeving waarin mensen aanwezig zijn en waarin activiteiten worden uitgevoerd. Een gebouw kent:

- fysieke kenmerken, zoals de lay-out, de omvang en het aantal verdiepingen;
- gebouwgebonden situatiekenmerken, zoals de activiteiten, het aantal aanwezigen en het gemak van wayfinding in het gebouw.

Verder hebben de mensenkenmerken een directe invloed op de mate van zelfredzaamheid. Bij de bepaling van de mate van zelfredzaamheid wordt het gedrag van mensen beschouwd vanuit een individu (persoonkenmerken) en vanuit een groep personen (sociale kenmerken). De mensenkenmerken hebben betrekking op:

- bewustwording van de brand;
- besluitvorming;
- uitvoeren van een actie, te weten:
 - brand bestrijden;
 - vluchten; en/of
 - schuilen en wachten op redding.

Het gaat hierbij om het gedrag van mensen die in een gebouw aanwezig zijn, ofwel om het gedrag van gebouwgebruikers. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen twee typen gebruikers:

- frequente gebruikers (bijvoorbeeld: personeel, bewoners):
 - bekend met de vluchtroutes;
 - niet bekend met de vluchtroutes;
- incidentele gebruikers (bijvoorbeeld: gasten):
 - niet bekend met de vluchtroutes.

De menskenmerken zijn onder te verdelen in:

- persoonskenmerken, zoals de mobiliteit en eerdere ervaringen met brand;
- sociale kenmerken, zoals groepsgedrag en het veiligheidsmanagement in het gebouw;
- persoonsgebonden situatiekenmerken, zoals de opmerkzaamheid en de bekendheid met de lay-out van het gebouw.

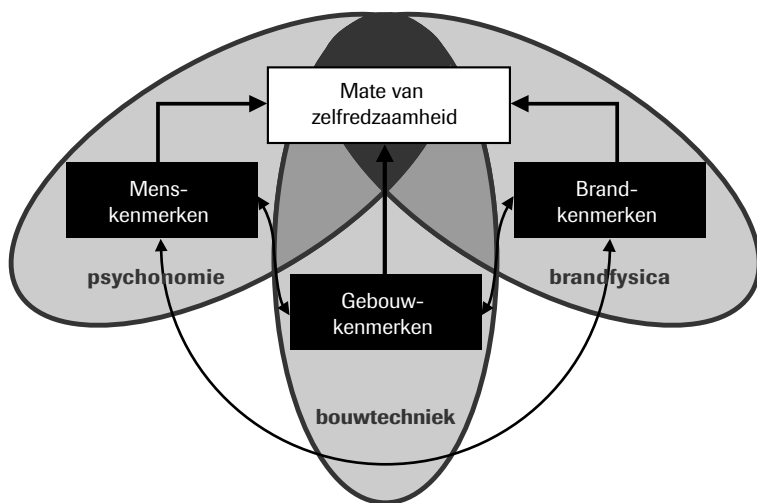
Behalve dat de hiervoor genoemde factoren van invloed zijn op de mate van zelfredzaamheid, bestaan er ook onderlinge invloeden. Deze onderlinge verbanden worden hierna toegelicht.

De brandkenmerken kunnen de menskenmerken beïnvloeden. Zo heeft rookontwikkeling een nadelige invloed op het zichtvermogen en hebben toxische verbrandingsgassen een nadelige invloed op de opmerkzaamheid. Omgekeerd kunnen ook de menskenmerken van invloed zijn op de brandkenmerken. Zo heeft een blusactie een reducerende invloed op de brandontwikkeling.

De brandkenmerken worden ook beïnvloed door de gebouwkenmerken. Bij de invloed vanuit de gebouwkenmerken kan gedacht worden aan het materiaalgebruik, de compartimentering en de werking van installaties. Zo heeft de mate van ventilatie van de ruimte waarin brand ontstaat invloed op de mate van rookontwikkeling. Andersom hebben ook de brandkenmerken invloed op de gebouwkenmerken. Zo kunnen door rookontwikkeling vluchtroutes ontoegankelijk raken.

In figuur 4.6 is gevisualiseerd hoe de drie factoren zich verhouden tot de drie disciplines van de brandveiligheidskunde.

Figuur 4.6 De mate van zelfredzaamheid vanuit de disciplines van de brandveiligheidskunde



Deel 3 van deze publicatie gaat in op de in de literatuur aangetroffen wetenschappelijke kennis over de factoren die van invloed zijn op de mate van zelfredzaamheid.

DEEL 3

ZELFREDZAAMHEID BIJ BRAND

HOOFDSTUK 5

DE GEVAARSFACITOR: BRAND

Brand en de effecten van brand op de ontvluchting vormen het gevaartype bij de zelfredzaamheid bij brand. Verder staan de capaciteiten van mensen om een brand te overleven centraal. In dit hoofdstuk wordt daarom allereerst een overzicht gegeven van de factoren die van invloed zijn op de brand- en rookontwikkeling. Daarna komen de fysieke en psychologische effecten van brand op mensen aan de orde. Vervolgens wordt ingegaan op de bepaling van het brandgevaar. Ten slotte wordt de informatie over de gevaarsfactor samengevat en wordt een beschouwing gegeven op de toepassing van deze kennis in beleid.

5.1 BRAND- EN ROOKONTWIKKELING⁶⁴

Voor het ontstaan van brand zijn drie factoren bepalend [Nibra, 2005]:

- aanwezigheid van brandbare stoffen (vuurlast);
- aanwezigheid van voldoende zuurstof;
- voldoende hoge temperatuur.

Om een brand in stand te houden zijn nog twee andere factoren noodzakelijk [Nibra, 2005]:

- aanwezigheid van een optimale mengverhouding van zuurstof en brandbare stoffen;
- aanwezigheid van een katalysator.

Bij een voldoende hoge temperatuur komen gassen vrij uit het brandbare materiaal (pyrolyse). Deze hete gassen mengen zich met de in de omgevingslucht aanwezige zuurstof. Bij de aanwezigheid van een ontstekingsbron, zoals een vonk, zal het gasmengsel gaan branden als de (omgevings)temperatuur de ontbrandingstemperatuur van het brandbare materiaal heeft bereikt. Wanneer

64. De tekst in dit hoofdstuk is gedeeltelijk eerder gepubliceerd in de publicatie *Verkenningen van simulatiemodellen: brand- en rookontwikkeling, evacuatie- en interventiemodellering* [Kobes e.a., 2006].

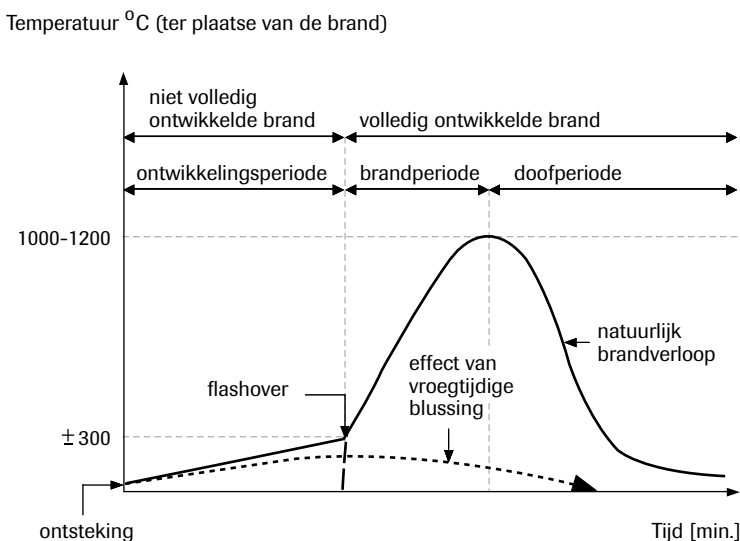
de zelfontbrandingstemperatuur van het brandbare materiaal is bereikt, is geen ontstekingsbron nodig, maar zal het materiaal 'spontaan' gaan branden. Elk type materiaal heeft een soortelijke (zelf)ontbrandingstemperatuur. De hoogte van deze temperatuur geeft een indicatie van de hoeveelheid energie die toegevoegd moet worden om het materiaal te ontbranden. Een katalysator stimuleert de verbrandingsreactie tussen de brandstof en de zuurstof, waardoor het brandbare materiaal bij een lagere temperatuur dan de (zelf)ontbrandingstemperatuur kan ontbranden. Een katalysator verbrandt zelf niet, waardoor de eenmaal ontstane brand – bij een juiste mengverhouding – in stand kan worden gehouden.

In een ruimte waar vlammen aanwezig zijn, is de stralingsintensiteit van de brand het grootst. De temperatuur vlak onder het plafond van een afgesloten ruimte kan in de eerste minuten na het ontstaan van vlammen stijgen tot 1000-1200°C. Door deze hittestraling gaan ook andere materialen in de ruimte uitgassen (pyrolyse). Verder komen verbrandingsproducten vrij, zoals koolmonoxide (CO) en roet (onverbrande koolstofdeeltjes), zichtbaar als rook. De (warme) rook verplaatst zich naar boven en bij een voortdurende rookontwikkeling zal de rooklaag onder het plafond in volume toenemen en kan deze een afgesloten ruimte, zoals een kantoorruimte, binnen enkele minuten volledig vullen met rook. Wanneer de temperatuur in de rooklaag boven in de ruimte voldoende hoog is, en indien er voldoende zuurstof aanwezig is, kunnen de roetdeeltjes ontsteken. Op het moment van een flashover zullen bijna alle brandbare materialen in de ruimte bij de brand betrokken zijn en is er sprake van een volledig ontwikkelde brand. Verder neemt de temperatuur in de ruimte zeer snel toe, waardoor de eventueel nog in de ruimte aanwezige levende personen de brand niet zullen overleven.⁶⁵ Wanneer het grootste deel van de zuurstof in de ruimte door de brand is opgenomen, stopt het verbrandingsproces en daalt de temperatuur in de ruimte. Het vlammenfront wordt kleiner en de brand gaat over in de smeulfase. De ontwikkeling van een brand is in figuur 5.1 gevisualiseerd.

In figuur 5.1 zijn twee brandkrommen te zien: de doorgetrokken lijn toont het natuurlijk brandverloop zonder interventies. De onderbroken lijn geeft de brandontwikkeling waarbij vroegtijdige blussing plaatsvindt, bijvoorbeeld door een sprinklerinstallatie. Verder zijn drie brandstadia onderscheiden: de ontwikkelingsperiode, de brandperiode en de doofperiode. Deze drie brandstadia zijn, evenals het onderscheid tussen een niet volledig ontwikkelde brand en een volledig ontwikkelde brand, alleen van toepassing op het natuurlijke brandverloop.

65. Dood bij brand wordt doorgaans veroorzaakt door inhalatie van rook en giftige gassen [Gann, 2004b], waardoor de in de ruimte aanwezige personen veelal al voor het moment van flashover zijn gestikt.

Figuur 5.1 Tijd/temperatuurdiagram natuurlijk brandverloop en sprinklergecontroleerd brandverloop



Een volledig ontwikkelde brand ontstaat als brandpreventieve maatregelen falen of niet aanwezig zijn en bovendien voldoende vuurlast en zuurstof aanwezig zijn. Als de zuurstoftoevoer groter is dan de benodigde gas/zuurstof-verhouding, wordt de verbrandingssnelheid bepaald door de vuurlast, ofwel is er sprake van een brandstofbeheerste brand. Wanneer een brand in een ruimte onvoldoende zuurstoftoevoer heeft, kan er een mengsel van onvolledig verbrande gassen ontstaan. Er is dan sprake van een ventilatiebeheerste brand [Delichatsios e.a., 2004].

De mate van brandontwikkeling wordt bepaald aan de hand van de volgende formule [Tang & Beattie, 1997]:

$$Q = \partial t^2$$

Waarin:

Q is de mate van brandontwikkeling (kW)

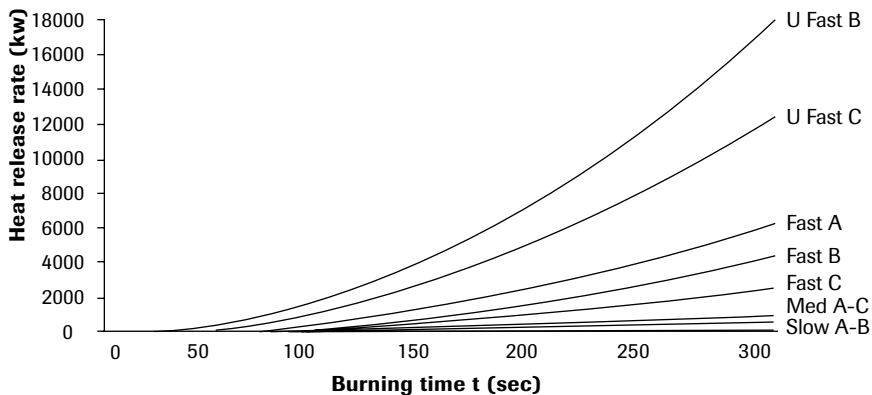
∂ is de brandontwikkelingscoëfficiënt

t is de tijd (sec)

Er worden verschillende snelheden van brandontwikkeling onderscheiden. In figuur 5.2 zijn negen (standaard)brandkrommen met verschillende snelheden van brandontwikkeling weergegeven. Op de horizontale as van de figuur is de verbrandingstijd weergegeven in seconden. Op de verticale as is de mate van

brandontwikkeling weergegeven in kilowatts. Voor elke weergegeven brandkromme geldt een andere waarde van de brandontwikkelingscoëfficiënt. Deze waarde is afhankelijk van de typen materialen die in het gebouw aanwezig zijn (of in het gebouwwontwerp zijn opgenomen). Bij de brandkromme van een ultrasnelle brand (U Fast) valt te denken aan de brandontwikkeling van een brand waarbij kunststoffen betrokken zijn [Chang & Huang, 2005].

Figuur 5.2 Relatie tussen heat release rate (HRR) en brandtijd [Chang & Huang, 2005]



5.2 EFFECTEN VAN BRAND OP MENSEN

Binnen het vakgebied van de *fire safety engineering* is het algemeen bekend dat een kleine brand, met een lage intensiteit, zich binnen enkele minuten of zelfs seconden kan ontwikkelen tot een hoog intensieve brand [Graham & Roberts, 2000].

Het wereldwijd meest bekende voorbeeld van een dergelijk inferno is de brand in de Cocoanut Grove Dance Hall (Boston, 1942). Hierbij had de brand zich binnen vijf minuten over het gebouw verspreid en zijn 490 doden en 259 gewonden gevallen. Slechts een kwart van de aanwezigen kon veilig vluchten zonder gewond te raken. De inrichting en aankleding van de uitgaansgelegenheid waren zodanig brandbaar dat er binnen korte tijd sprake was van een flashover. De brand in café 't Hemeltje (Volendam, 2001) is een Nederlands voorbeeld van een dergelijk brandscenario dat heeft geresulteerd in vele slachtoffers. De snelle brandontwikkeling in de discotheek in Gothenburg (Zweden, 1998) en in The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003) zijn opmerkelijk genoeg vergelijkbare scenario's.

Voor aanwezig in een ruimte blijkt de snelheid van brandontwikkeling vaak moeilijk in te schatten, waardoor ontvluchting niet meer mogelijk is en de aanwezigen worden overspoeld door de vlammenzee.

In een video-opname van de brand in het casino in het Dupont Plaza Hotel (San Juan, Puerto Rico, 1986) is bijvoorbeeld te zien dat een gast op de 22e verdieping zich voorbereidt om in het onderliggende zwembad te springen. In de slotseconde van de aarzeling om te springen wordt de gast overspoeld door het vlammenfront waardoor de persoon de brand niet overleefde⁶⁶ [Graham & Roberts, 2000]. Een ander sprekend voorbeeld is het inferno in het voetbalstadion van Bradford.⁶⁷

Behalve dat de snelheid van brandontwikkeling een belangrijke factor is voor fataliteit bij brand, speelt de blootstelling van mensen aan de effecten van brand een bepalende rol. Uit incidentevaluaties⁶⁸ is gebleken dat individuen vaak te maken krijgen met beperkingen die door het incident worden veroorzaakt, zoals vallende objecten of het ontoegankelijk raken van een vluchtroute, waardoor het moeilijk wordt om te vluchten of anderen te helpen bij de ontvluchting [Cornwell e.a., 2003; Cassuto & Tarnow, 2003].

Zo bleek uit interviews met 554 overlevenden van de brand in het MGM Grand Hotel in Las Vegas (1980) dat 54% tijdens de ontvluchting gehinderd werd. De ontvluchting werd hoofdzakelijk bemoeilijkt door rook (60%), en daarnaast door deuren die afgesloten waren (13%) en door objecten in het trappenhuis (5%) [Frantzich, 1994].

Het gegeven dat bij branden veel dodelijke slachtoffers in afgesloten ruimten, zoals toiletruimten, aangetroffen worden, wordt doorgaans verklaard met stressgedrag of desoriëntatie door toxische rook [Cassuto & Tarnow, 2003]. Zo probeerden 23 personen bij de brand in de discotheek in Gothenburg in 1998 via de toiletruimte te vluchten [Cassuto & Tarnow, 2003]. Ook bij de brand in het metrostation King's Cross (Londen, 1987) zijn dodelijke slachtoffers in een toiletruimte aangetroffen [Donald & Canter, 1990].

Ook zijn voorbeelden bekend van branden waarbij als gevolg van de brand het licht uitvalt en gebouwdelen al kort na het ontdekken van de brand instorten.

Om 13.34 uur kwam de eerste brandmelding bij de Brusselse brandweer binnen. De beller meldde op zeer kalme wijze dat in de Innovation sprake was van rookontwikkeling. Even later kwam een tweede brandmelding binnen, en weer werd

66. Waarschijnlijk zou de persoon de sprong ook niet overleefd hebben, maar dit terzijde.

67. Zie hoofdstuk 6.1.

68. Zie ook hoofdstuk 7.1.1.

op zeer kalme wijze gemeld dat er brand was in het warenhuis. In de daaropvolgende minuten viel het licht uit in het warenhuis en raakten de eerste mensen bedwelmd door de rook. In het donker zochten de klanten naar de nooduitgangen, waarvan een groot aantal afgesloten bleek te zijn. Andere deuren gingen wel open, maar bleken geen echte nooduitgangen te zijn. De slachtoffers stuitten op een raam dat erachter school, of op een muur.

Om 13.38 uur arriveerde de eerste brandweerwagen. Inmiddels lagen de paden al bezaaid met lichamen. Om 14.00 uur stortte het eerste van de drie gebouwen in. Om 16.00 uur stortte het tweede gebouw in. Alleen het centrale gebouw bleef overeind. Op het moment dat de brandweer arriveerde, hingen mensen aan koorden en klommen zij uit vensters. Sommigen waren al uit het raam gesprongen en hadden de val niet overleefd. Een brandweerman had gezien dat mensen naar buiten vluchtten en daarna weer het brandende gebouw binnen liepen. Later zijn mensen aangetroffen die tegen een muur zaten. Bij de brand zijn 323 mensen omgekomen en zijn ongeveer 150 mensen gewond geraakt [Van der Meeren & Moelants, 2007].

Bryan en Wood [Tong & Canter, 1985] concluderen dat de aanwezigheid en dichtheid van rook direct gerelateerd zijn aan de mate van gevaarsperceptie, waardoor mensen eerder geneigd zijn te vluchten. Rookontwikkeling in de vluchtroute leidt volgens beide onderzoekers bovendien tot een verminderde mobiliteit van personen die hiervan gebruikmaken [Tong & Canter, 1985].

Mensen die aan verbrandingsgassen en rook blootgesteld worden, kunnen te maken krijgen met de volgende effecten [ISO, 2004]:

- *Dood*
Deze kan plaatsvinden tijdens de blootstelling, maar ook na de blootstelling kunnen mensen alsnog als gevolg van de brand overlijden.
- *Uitschakeling van reactievermogen/bewusteloosheid*
Dit is het meest ernstige effect dat verbrandingsgassen en rook op mensen hebben. Wanneer mensen uitgeschakeld worden, zal sprake zijn van een langere blootstelling aan de schadelijke stoffen. Dit kan uiteindelijk tot de dood leiden. Er zijn twee vormen van uitschakeling:
 - irritatie van ogen, neus en het oppervlakkige ademhalingssysteem. Dit is een acuut effect bij blootstelling en is niet afhankelijk van de periode van blootstelling;
 - aantasting van de hersenen door zuurstofgebrek (hypoxia). Mensen kunnen hierdoor minder goed een situatie beoordelen, ze reageren trager en de coördinatie van bewegingen vermindert. Uiteindelijk zullen mensen hierdoor het bewustzijn verliezen.
- *Vertraagde loopsnelheid of aangepast gedrag zoals de keuze voor een langere vluchtroute*

Dit kan veroorzaakt worden door:

- fysieke effecten als gevolg van blootstelling aan:
 - verstikkende en giftige stoffen, wat resulteert in een verlaagde activiteit van het centrale zenuwstelsel;
 - irriterende stoffen, wat leidt tot ademhalingsproblemen;
 - hitte, wat leidt tot brandwonden;
 - rook, wat het zicht vermindert.
- *Psychologische beperking voor ontvluchting als gevolg van de gevaarsperceptie van de betreffende persoon*

De gevaarsperceptie kan invloed hebben op de beschikbare acties die door de persoon als redmogelijkheid worden gezien.

- *Langdurige fysieke effecten*

Deze kunnen veroorzaakt zijn door een eenmalige blootstelling, maar ook door chronische blootstelling, zoals bij brandweerpersoneel het geval kan zijn. Kanker, longbeschadiging en aantasting van het immuunsysteem zijn voorkomende langdurige fysieke effecten [Blomqvist, 2005].

De blootstelling van een persoon aan verbrandingsgassen en rook is afhankelijk van de locatie waar de persoon zich bevindt (ten opzichte van de brand), de concentratie van de schadelijke stoffen en de periode van blootstelling aan de schadelijke stoffen [ISO, 2004; Gann, 2004a]. De verplaatsing van rook en verbrandingsgassen in een gebouw kan leiden tot verwondingen of overlijden op locaties die niet in de directe omgeving van de brandende ruimte zijn gelegen.

De brand in het MGM Grand Hotel (Las Vegas, 1980) heeft vooral in het casino op de tweede verdieping gewoed, en in de aangrenzende restaurants [Bryan, 1992]. De meeste doden zijn echter op de hogergelegen verdiepingen aangetroffen en zijn overleden als gevolg van rookinhalatie. De meeste dodelijke slachtoffers zijn in het trappenhuis aangetroffen.

Bij een brand in een woongebouw met dertig verdiepingen in Canada liep 95% van de personen die zich boven de brand bevonden door met rook gevulde gangen en trappenhuizen [Proulx, 2003]. Bij deze brand zijn zes personen in het trappenhuis overleden als gevolg van rookinhalatie. Ook studies naar woningbranden in Groot-Brittannië hebben aangetoond dat mensen bij een ontvluchting bereid zijn door rook te lopen.

Verder is bekend dat sommige personen meer dan gemiddeld vatbaar zijn voor de effecten van blootstelling aan verbrandingsgassen en rook [ISO, 2004]. Dit betreffen voornamelijk kleine kinderen, ouderen/senioren en mensen met hart- en ademhalingsproblemen, zoals astma.

Warmtestuwing en hitteberoerte komen vooral voor bij temperaturen boven de 40 °C [16]. Een hoge luchtvochtigheid vergroot het risico, omdat het lichaam in die omstandigheden te weinig warmte kan kwijtraken door transpiratie en oververhit kan raken. Normaal gezonde mensen kunnen getroffen worden door warmtestuwing en hitteberoerte als ze zich bij heet weer lichamelijk inspannen. Bij baby's en ouderen is het afkoelingsmechanisme minder effectief, zodat ze gevoeliger zijn voor warmtestuwing en hitteberoerte. Overgewicht, diabetes, alcoholisme en chronische hartklachten hebben een nadelig effect op het afkoelingsmechanisme. Na langdurige blootstelling aan een hoge temperatuur kunnen de volgende symptomen van warmtestuwing optreden:

- overmatig transpireren;
- vermoeidheid;
- spierkramp;
- misselijkheid en braken;
- duizeligheid;
- wankel gang.

Als de betrokkene geen verkoeling krijgt, neemt de lichaamstemperatuur toe en kunnen de volgende symptomen van hitteberoerte optreden:

- snelle, oppervlakkige ademhaling;
- verwardheid en desoriëntatie;
- toevallen.

Zonder behandeling kan hitteberoerte binnen een paar minuten leiden tot coma. De dood kan het gevolg zijn van nierfalen, acuut hartfalen of beschadiging van de hersenen.

Blootstelling aan hitte kan leiden tot verwonding of overlijden als gevolg van verbranding (brandwonden, aantasting van de longen) of als gevolg van een hitteberoerte [Irvine e.a., 2000]. De fysieke effecten van hitte bij brand op personen beginnen al bij een klein temperatuurverschil ten opzichte van de gemiddelde lichaamstemperatuur van 37°C [Graham & Roberts, 2000]. Het menselijk lichaam reageert op een omgevingstemperatuur hoger dan 37 °C door hete lucht uit te ademen en door te zweten. Verder zwellen de bloedvaten vlak onder de huid op, zodat de hete bloedstroom vanuit de vitale organen richting de huid stroomt. Hogere temperaturen kunnen leiden tot symptomen van een warmtestuwing (water- en zouttekort) en vervolgens tot hyperthermie (hitteberoerte). Extreme hitte veroorzaakt huidbeschadigingen zoals brandwonden en brandblaren. Bij dodelijke slachtoffers van branden zijn de longen bovendien volledig weggebrand door het inademen van hete lucht [Graham & Roberts, 2000].

De meeste mensen overlijden bij brand als gevolg van de inhalatie van rook en giftige gassen [Gann, 2004b]. Ook als een persoon rook inademt en dit overleeft, kunnen dergelijke toxische stoffen jarenlang in het lichaam aanwezig blijven, aangezien het menselijk lichaam deze stoffen moeilijk kan afbreken [Graham & Roberts, 2000].

Tijdens de brand in het MGM Grand Hotel (Las Vegas, 1980) zijn de meeste dodelijke slachtoffers in het trappenhuis aangetroffen. Achteraf is vastgesteld dat de meeste slachtoffers zijn omgekomen door rookinhalatie van verbrand kunststof. Dit kunststof was gebruikt in het decor en in de goktafels van het casino. En hoewel er geen sprake was van dichte rook, bleek de rook dodelijk te zijn vanwege de hoge concentraties koolmonoxide, cyanide en andere giftige stoffen [Graham & Roberts, 2000].

Volgens Proulx (2003) is het nodig om in een gebouw voorzieningen te treffen die ervoor zorgen dat vluchtroutes altijd vrij blijven van rook. Dit aangezien uit incidentevaluaties blijkt dat mensen door rook lopen en dat rookinhalatie de kans op overleving sterk vermindert.

5.3 BEPALING VAN HET BRANDGEVAAR

De mate van brandontwikkeling is de belangrijkste parameter voor de bepaling van het brandgevaar [Babrauskas en Peacock, 1992; Jiang, 1998; Carlsson, 1999; Bukowski, 2001]. Andere parameters die worden gebruikt om het brandgevaar te karakteriseren zijn [Huggett, 1980]:

- indicatie van de omvang van de brand;
- snelheid van branduitbreiding, en daaraan verbonden de productie van rook en giftige gassen;
- beschikbare tijd voor ontvluchting of brandbestrijding;
- type interventie dat mogelijk effectief is voor beperking van de branduitbreiding;
- kans op het ontstaan van een flashover.

Het brandgevaar van materialen kan bepaald worden aan de hand van de soortelijke ontwikkeling van hitte, rook en toxische gassen gedurende een bepaalde periode [Irvine e.a., 2000]. De wetenschap op het gebied van brandveiligheid, ofwel *fire science*, biedt een aantal methodes om de effecten van brand op verschillende materialen te bepalen. Deze methodes zijn gebaseerd op het fundamentele begrip van het fenomeen brand. Gegeven de criteria die de kans op het overleven van een brand bepalen, kan de maximaal beschikbare tijd voor ontvluchting (ASET) bepaald worden [Irvine e.a., 2000].

De ASET wordt hierna aangeduid met de term 'bedreigtijd'.⁶⁹ De bedreigtijd (ASET) is de periode tussen het ontstaan van brand en het moment dat sprake is van een fatale omgevingsconditie die de mogelijkheid van ontvluchting negatief beïnvloedt [SFPE, 2002; BSI, 2004]. De bedreigtijd (ASET) is afhankelijk van de brand- en rookontwikkeling. Hierbij spelen de volgende factoren een bepalende rol [Irvine e.a., 2000]:

- tijd die gerelateerd is aan het ontstaan van brand;
- afbrandsnelheid;
- snelheid van hitte-uitstoot naar de brandomgeving;
- snelheid van rookuitstoot naar de brandomgeving;
- snelheid van uitstoot van gasen en irriterende stoffen naar de brandomgeving.

Voor de bepalingsmethodes van hiervoor genoemde factoren en een aantal waarden⁷⁰ van de parameters wordt verwezen naar Irvine e.a. (2000).

Om de bedreigtijd (ASET) te kunnen bepalen worden analyses uitgevoerd naar factoren die de kans op overleven verlagen, zoals de tijd voordat een rooklaag een bepaalde hoogte bereikt of de tijd voordat de hitte en schadelijke stoffen die bij brand vrijkomen zodanig zijn dat personen bezwijken [SFPE, 2002; BSI, 2004].

Bepaling van een verminderde omgevingsconditie

In de Australische bouwvoorschriften is het moment dat sprake is van een fatale omgevingsconditie meetbaar gemaakt. Hierin is gesteld dat sprake is van een fatale omgevingsconditie als [Delichatsios, 2004]:

- de hoogte van de rookvrije ruimte lager is dan 2,1 m, gemeten vanaf de vloer; of
- de warmtestralingsintensiteit (hitteflux) van de bovenste hete luchtlaag naar de vloer groter is dan 2,5 kW/m².

Purser stelt in het *SFPE Handbook of fire protection engineering* dat in een ruimte sprake is van een fatale omgevingsconditie als [SFPE, 2002]:

- de warmtestralingsintensiteit (hitteflux) van de bovenste hete luchtlaag naar de vloer groter is dan 2,5 kW/m²; of
- de temperatuur hoger is dan 120°C; of
- het zuurstofgehalte lager is dan 12%.

69. De term is door L. Witloks geïntroduceerd en voor het eerst toegepast in het kader van gelijkwaardige veiligheid voor de ontvluchting vanaf een tribune in een sporthal [Hagen e.a., 2001].

70. Voor de materialen PS, PP, PE, PMMA, PC en PVC.

De maximale hitteflux die de mens gedurende langere tijd kan verdragen bedraagt 1 kW/m² [PGS, 2005]. Boven deze waarde is de schade afhankelijk van de blootstellingduur. Zo zal 1% van de aanwezigen komen te overlijden bij een warmtestraling van 10 kW/m² en een blootstellingduur van 45 seconden, alsmede bij een warmtestraling van 17 kW/m² en een blootstellingduur van 10 seconden of bij een warmtestraling van 28 kW/m² en een blootstellingduur van 5 seconden. Bij een warmtestraling van meer dan 35 kW/m² zullen alle aanwezigen komen te overlijden [CPR, 2000] ongeacht de blootstellingsduur. Daarnaast zullen aanwezigen in de brand overlijden ten gevolge van direct vlamcontact.

Bij verstikkende stoffen is de ontvangen dosis op een tijdstip bepalend voor de kans op overleving. De dosis is de concentratie van de verstikkende stoffen vermenigvuldigd met de periode van blootstelling. De omvang van de verstikkende dosis kan bepaald worden met de rekenmethode voor de *Fractional Effective Dose* (FED).

$$\text{FED} = \frac{\text{Ontvangen dosis op tijdstip } t \text{ (Ct)}}{\text{Kritieke Ct dosis die leidt tot bewusteloosheid of overlijden}}$$

Bij irriterende stoffen speelt de concentratie van stoffen een bepalende rol. Dit wordt bepaald aan de hand van de rekenmethode voor de *Fractional Irritant Concentration* (FIC).

$$\text{FIC} = \frac{\text{Concentratie van irriterende stoffen waaraan persoon wordt blootgesteld op tijdstip } t}{\text{Kritieke concentratie die leidt tot verminderde efficiëntie van de ontvluchting}}$$

Voor meer informatie over de bepalingsmethodes voor de effecten van irriterende stoffen, hitte en rook wordt verwezen naar *The SFPE handbook of fire protection engineering*, Blomqvist (2005), Purser (1996) en Trijssenaar-Buhre e.a. (2007).

Tabel B1 in bijlage 1 bevat een lijst met criteria en waarden die de kans op het overleven van een brand bepalen [Irvine e.a., 2000]. Over de blootstelling van mensen aan (de effecten van) brand zijn echter slechts beperkt kwantitatieve data beschikbaar [ISO, 2004]. De meeste van deze data zijn verkregen door middel van bloedmonsters van dodelijke slachtoffers bij branden [ISO, 2004; Gann, 2004a]. Wel zijn uitgebreide kwantitatieve en kwalitatieve data beschikbaar over de uitstoot van gevaarlijke stoffen bij brand, zoals verkregen uit brandtesten, en over het effect van schadelijke stoffen op dieren, zoals verkregen uit laboratoriumproeven [ISO, 2004; Blomqvist, 2005]. De meeste data uit de dierproeven richten zich op fataliteit en nauwelijks op bewusteloosheid en andere effecten van brand op levende wezens. Er zijn berekeningsmethodes

ontwikkeld om (een gedeelte van) de data uit de dierproeven om te rekenen naar de te verwachten effecten op mensen.

Volgens Gann (2004) blijft het lastig om de invloed van de effecten van brand op mensen te bepalen en toe te passen in risicoanalyses. Dit is voornamelijk te wijten aan de volgende zaken [Gann, 2004a]:

- Het (totaal)aantal mensen dat blootgesteld is aan (de effecten van) brand is niet bekend, evenals de brandcondities waaraan zij zijn blootgesteld en de ernst van de verwondingen/aantasting.
- Het causale verband tussen de verwondingen/aantasting en de brand is onduidelijk, aangezien verwarring kan ontstaan vanwege verwondingen/aantasting die zijn veroorzaakt door inhalatie van stof en gasen tijdens eerdere, normale activiteiten.
- De toxische eigenschappen van materialen bij brand worden per product bepaald, terwijl bij brand meerdere materialen betrokken zijn en mogelijk interactie plaatsvindt tussen de vrijkomende gasen en stoffen van de verschillende materialen.
- Er zijn onvoldoende bewezen adequate bepalingsmethodes beschikbaar om het dodelijk effect van brand op mensen te bepalen. Verder zijn onvoldoende betrouwbare data beschikbaar en worden bestaande data niet consequent geïnterpreteerd.
- Er bestaat geen consensus over een juiste bepalingsmethode voor de bepaling van de uitstoot van schadelijke stoffen bij brand, die kan worden toegepast bij een risicoanalyse. Bovendien zijn onvoldoende kwantitatieve data beschikbaar over de relatie tussen de uitstoot van schadelijke stoffen bij brand en de effecten daarvan op de ontvluchtungs- en overlevingskans.

5.4 SAMENVATTING EN BESCHOUWING: DE GEVAARSFACITOR

Samenvatting

Een volledig ontwikkelde brand ontstaat als brandpreventieve maatregelen falen of niet aanwezig zijn en bovendien voldoende vuurlast en zuurstof aanwezig zijn. Er worden in de literatuur verschillende snelheden van brandontwikkeling onderscheiden. Vooral de brandontwikkelingscoëfficiënt van de typen materialen die in het gebouw aanwezig zijn (of in het gebouwo ontwerp zijn opgenomen) bepaalt de snelheid van brandontwikkeling. Bij de brandkromme van een ultrasnelle brand valt te denken aan de brandontwikkeling van een brand waarbij kunststoffen betrokken zijn.

Fatale branden worden gekenmerkt door een snelle brandontwikkeling na het ontdekken van een brand. Verder overlijden de meeste mensen bij brand als gevolg van de inhalatie van rook en giftige gasen. Daarom zijn met name de

rookontwikkeling en de snelheid van de (re)actie door de bedreigde personen van invloed op de overleving van een brand. De effecten van brand hebben bovendien een negatief effect op de mogelijkheid van ontvluchting. Enerzijds kan de brand effect hebben op de psychologische en fysieke gesteldheid van de vluchtende persoon. Anderzijds kan een brand ervoor zorgen dat (delen van) het gebouw niet meer toegankelijk is (zijn). Uit de literatuur is bekend dat de effecten van brand een negatieve invloed hebben op de loopsnelheid van mensen die hieraan blootgesteld worden. De loopsnelheid is in brandsituaties lager dan in normale omgevingscondities. Bovendien kiezen mensen die blootgesteld worden aan de effecten van brand soms een andere vluchtroute dan de kortste vluchtroute. Er moeten daarom voorzieningen getroffen worden die ervoor zorgen dat vluchtroutes altijd vrij blijven van rook.

Het brandgevaar kan bepaald worden met behulp van de bedreigtijd (ASET). De bedreigtijd is de periode tussen het ontstaan van brand en het moment dat sprake is van een fatale omgevingsconditie. Tijdens de bedreigtijd wordt de mogelijkheid van ontvluchting negatief beïnvloed en vallen de eerste slachtoffers. In een ruimte is sprake van een fatale omgevingsconditie als:

- de warmtestralingsintensiteit (hitteflux) van de bovenste hete luchtlaag naar de vloer groter is dan $2,5 \text{ kW/m}^2$; of
- de convectietemperatuur hoger is dan 120°C ; of
- het zuurstofgehalte lager is dan 12%; of
- de hoogte van de rookvrije ruimte lager is dan 2,1 m, gemeten vanaf de vloer.

De maximale hitteflux die de mens gedurende langere tijd kan verdragen bedraagt 1 kW/m^2 [PGS, 2005]. Daarnaast is de convectietemperatuur van 120°C nog zeer optimistisch gesteld, aangezien negatieve fysieke effecten al beginnen bij een klein temperatuurverschil ten opzichte van de gemiddelde lichaamstemperatuur van 37°C . Hogere temperaturen dan 40°C leiden tot symptomen van warmtestuwing en vervolgens tot symptomen van hitteberoerte, waaronder verwardheid, desoriëntatie en het krijgen van toevallen. Zonder behandeling kan hitteberoerte binnen een paar minuten leiden tot coma en uiteindelijk tot de dood. De minimale hoogte van de rookvrije ruimte (2,1 m) zal in veel gevallen de belangrijkste overschreden omgevingsconditie zijn. De rook die bij brand vrijkomt, verzamelt zich namelijk onder het plafond. Aangezien de ontwikkeling van rook zeer snel kan gaan, zal de rooklaag snel dikker worden en de grens van 2,1 m overschrijden. Zo kan een kleine ruimte bij brand al binnen een minuut vol rook staan.

De beschikbare bepalingsmethode voor het brandgevaar heeft een aantal beperkingen. Allereerst bestaat er geen consensus over een juiste methode voor de bepaling van de uitstoot van schadelijke stoffen bij brand. Zo worden

de toxische eigenschappen van materialen bepaald zonder rekening te houden met de interactie met andere materialen in geval van brand. Bovendien is onvoldoende informatie bekend over de effecten van brand op mensen.

Beschouwing over beleid

In de literatuur worden verschillende snelheden van brandontwikkeling onderscheiden. Het Bouwbesluit maakt echter geen onderscheid in meerdere brandkrommen en brandscenario's. Met name de mogelijke brandscenario's, met daarin opgenomen het menselijk gedrag in gebouwen, zouden de basis moeten vormen voor de te treffen brandveiligheidsmaatregelen in een gebouw. Bij het ontwerpen van gebouwen zou daarom rekening gehouden moeten worden met verschillende snelheden van brandontwikkeling, zoals die in het betreffende ontwerp mogelijk kunnen plaatsvinden.

In het Bouwbesluit zijn bepalingen opgenomen voor de classificatie van het brandgedrag van afwerkings- en inrichtingsmaterialen in verblijfsgebieden en vluchtroutes. Er zijn echter belangrijke knelpunten bij deze bepalingen voor het brandgedrag. Het voornaamste knelpunt is dat alleen de brandbaarheid en de mate van rookontwikkeling worden beoordeeld. De mate van toxiciteit wordt echter niet beoordeeld. Bovendien wordt bij de beoordeling van de brandbaarheid van materialen slechts gekeken naar de mate van brandbaarheid bij de blootstelling aan een ontstekingsbron met een lage intensiteit⁷¹ gedurende een paar minuten. Dit zegt echter niets over de mate van brandbaarheid bij de blootstelling aan de stralingsintensiteit van een eenmaal ontstane brand.

Ook wordt in het Bouwbesluit door middel van de 'rookgetallen' van de toegepaste materialen wel enigszins ingegaan op de effecten van rook op het zicht tijdens het vluchten, maar niet op de effecten van de hitte, (toxische) verbrandingsgassen en/of rook op de fysieke en psychische conditie van mensen tijdens brand. Verder wordt bij de voorschriften voor vluchtrouteaanduidingen uitgegaan van het zicht bij normale condities en is geen rekening gehouden met de vermindering van het zicht door rook.

In buitenlandse bouwvoorschriften, zoals in de VS, Groot-Brittannië en Australië, wordt het brandgevaar bepaald aan de hand van de bedreigtijd (ASET). Hierbij zijn meetbare doelen gesteld. Allereerst is het zinvol uitvoerig studie te doen naar de totstandkoming van deze meetbare doelen. Als de meetbare doelen voor het brandgevaar voldoende wetenschappelijk onderbouwd zijn en ook van toepassing zijn op de Nederlandse situatie, is de aanbeveling deze meetbare doelen in het Bouwbesluit te implementeren.

71. Te vergelijken met het aansteken van materiaal met behulp van een brandend luciferhoutje.

Beschouwing over onderzoek

In Nederland wordt uitgegaan van één standaardbrandkromme. Op basis van de beschikbare kennis over het brandgedrag zouden meer mogelijke brandkrommen en brandscenario's ontwikkeld moeten worden. Hierbij is het van belang dat wordt uitgegaan van het materiaalgebruik van constructies en de inrichting van gebouwen zoals die in Nederland voorkomt.

Hoewel al veel bekend is over de brandontwikkeling, is slechts weinig bekend over de effecten van brand op mensen. Dit betekent dat het onderzoek naar zelfredzaamheid zich onder andere moet richten op incidentevaluaties. Vooralsnog ligt de nadruk van incidentevaluaties, als al wordt gekeken naar het menselijk gedrag bij brand, met name op de mensen die de brand niet hebben overleefd. De omstandigheden (effect van brand op mens) van vluchtende personen die de brand wél hebben overleefd geven veel meer interessante informatie over zelfredzaamheid. Deze informatie kan verzameld worden door bij incidentevaluaties de overlevenden van een brand te interviewen en/of een 'vluchtevaluatieformulier' te laten invullen. Voor de ontwikkeling van dergelijke vragenlijsten kan mogelijk worden aangesloten bij de methode die in de internationale database HEED⁷² wordt toegepast.

Hiervoor is een vergelijking gemaakt tussen de uitgangspunten in de Nederlandse bouwvoorschriften en de beschikbare kennis over de invloed van brand op gebouwen en op mensen. Op basis van dit vergelijk zijn een aantal voorstellen gedaan voor de toepassing van de huidige kennis in het brandveiligheidsbeleid. In hoofdstuk 7, Omgevingsfactor: het gebouw, wordt nader ingegaan op maatregelen om het brandgevaar te beperken. In het volgende hoofdstuk, hoofdstuk 6, is de menselijke factor in brandsituaties het centrale onderwerp.

72. High-rise Evacuation Evaluation Database.

HOOFDSTUK 6

DE MENSELIJKE FACTOR

Naast de gevaarsfactor brand is de menselijke factor van invloed op de zelfredzaamheid bij brand. Het gaat immers om het gedrag van mensen in een brandsituatie. In dit hoofdstuk staat de mens centraal. De menselijke factor wordt voornamelijk beschouwd vanuit de gedragsgerelateerde dimensie van psychonomische brandveiligheidskunde.

6.1 BEWUSTWORDING EN GEVAARSPERCEPTIE

Bij de bewustwording van gevaar spelen signalen en aanwijzingen een belangrijke rol. Hierbij kan gedacht worden aan [O'Connor, 2005]:

- brandsignalen;
- aanwijzingen in het gebouwwontwerp/gebouwinrichting;
- aanwijzingen van aanwezigen die elkaar waarschuwen;
- signalen via het uitvallen van gebouwsystemen (uitvallen van verlichting en dergelijke).

In het *SFPE Handbook* [Pires, 2005] definieert Bryan (1995) concepten die betrekking hebben op het proces van herkenning en juiste beoordeling van brandsignalen. Zo is tijdens de periode voordat een brand wordt waargenomen de aandacht van de aanwezigen in een gebouw gericht op de activiteiten die vooraf zijn voorgenomen, de 'rolverwachtingen'. Denk hierbij aan de activiteit 'winkelen' in een winkelcentrum. Deze rolverwachtingen beperken de herkenning en vergroten de verwerkingstijd van de informatie over brandgevaar [Pires, 2005].

Uit diverse evaluaties [Donald & Canter, 1990; Johnson, 2005; Pires, 2005] blijkt dat mensen bij onverwachte gebeurtenissen in eerste instantie vasthouden aan de rolverwachtingen die passen bij de functie van het gebouw waarin zij zich bevinden, en de signalen en aanwijzingen van gevaar negeren. Verder zijn de kennis en aannames van aanwezigen over de brandontwikkeling vaak onjuist, waardoor mensen niet doen wat ze zouden moeten doen, of zichzelf zelfs nog meer in gevaar brengen [Proulx, 2001a]. Zo wordt de snelheid van brand- en

rookontwikkeling door veel mensen onderschat. Ook het verstikkende gevaar van rook wordt veelal niet onderkend [Proulx, 1997]. Dit wordt het *friendly fire syndrome* genoemd [Purser en Bensilum, 2001]. In het volgende tekstkader staan voorbeelden van het *friendly fire syndrome* en de rolverwachtingen.

Bij een brand in het warenhuis Woolworth (Manchester, 1979) zijn negen van de tien dodelijke slachtoffers in de kantine aangetroffen [Johnson, 2005]. Ooggetuigen vertelden dat vele aanwezigen weigerden de kantine te verlaten voordat zij de maaltijd hadden genuttigd of hadden afgerekend.

Een ander typerend voorbeeld is de live videoregistratie van de rampzalige voetbalwedstrijd in het voetbalstadion in Bradford (1985). In de videoregistratie is te zien dat op de overkapte tribune brand uitbreekt. De toeschouwers realiseren zich niet dat de rook en hitte zich onder de overkapping ophopen, waardoor de rook geleidelijk de lege ruimte onder de kap vult en de overkapping door de hitte in brand raakt. In plaats van te blussen of te vluchten, reageren de aanwezigen in eerste instantie met enthousiast gejuich op de brand. Pas wanneer de brand zich heeft ontwikkeld tot een zeer kritieke situatie proberen de aanwezigen richting het voetbalveld te vluchten [Donald & Canter, 1990; Yorkshire Television, 1985].

In een video van een bewakingscamera in een winkel is te zien hoe een brand ontstaat in een etalage [RTL, 1997]. In de winkel staan meerdere mensen in een rij voor de kassa te wachten. Op de video is duidelijk te zien dat de brand door verschillende klanten is opgemerkt. In eerste instantie wordt de brand genegeerd en op een bepaald moment komt een moeder met twee kinderen de winkel binnen om vol enthousiasme de brand van dichtbij te bewonderen. Pas wanneer de brand zich na enkele minuten heeft uitgebreid tot een zeer gevaarlijke situatie, lopen de klanten de winkel uit en onderneemt de winkelbediende een bluspoging.

Een overlevende van de brand in het ondergrondse metrostation King's Cross (Londen, 1987) vertelt tijdens een interview dat zij in eerste instantie de zichtbare vlammen interpreteerde als een zeer ernstige dreiging [Donald & Canter, 1990]. Zij schreeuwde daarom naar een persoon die bij haar in de buurt op de roltrap van de Piccadilly Line stond dat ze moesten vluchten. De geïnterviewde rende richting metrostation St. Pancras. Toen ze daar aankwam, stopte ze met rennen en liep ze verder het metrostation in. Daar ging ze naar de supermarkt om inkopen te doen. Bij deze brand moest metropersoneel bovendien voorkomen dat mensen de zichtbaar brandende roltrap gebruikten. Hierbij werd het metropersoneel meerdere keren omvergeduwd. Ook toen de roltrap met tape was afgezet, verwijderden reizigers de tape om toch de roltrap te kunnen gebruiken.

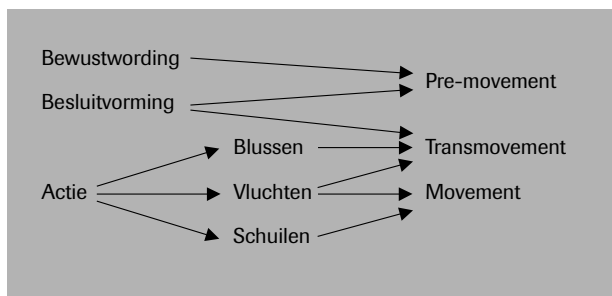
Mensen reageren verschillend op levensbedreigende situaties. Zo is niet alleen de bewustwording van het gevaar van belang, maar ook de inschatting van

en de reactie op het gevaar. Verschillende onderzoekers [Sime, 1995; Purser, 2003; Pires, 2005; en anderen] stellen dan ook dat het proces van ontvluchting is opgedeeld in drie fasen:

1. de fase van bewustwording, dit is de tijd die nodig is om een incident te ontdekken;
2. de fase van besluitvorming, dit is de tijd die nodig is om het gevaar in te schatten en besluiten te nemen;
3. de fase van actie, dit is de tijd die nodig is om een actie uit te voeren, de tijd die nodig is om een veilige plaats te bereiken.

In figuur 6.1 zijn de acties en fasen in het vluchtproces schematisch weergegeven.

Figuur 6.1 Acties en fasen in het vluchtproces



Bij de fase van besluitvorming is de gevaarsperceptie van grote invloed. Immers, besluiten worden genomen op basis van de inschatting van de situatie. Volgens Tong en Canter (1985) heeft de onzekerheid over de gevaarssituatie in veel gevallen een vertragend effect op het werkelijk beginnen met een ontvluchting. Wanneer de onzekerheid over de situatie wordt weggenomen, zal dit volgens de onderzoekers van invloed zijn op het menselijk gedrag bij brand [Tong & Canter, 1985]. Incidentevaluaties tonen aan dat mensen in de pre-movementperiode op zoek gaan naar aanvullende aanwijzingen en signalen.

Aanwijzingen en signalen die in geval van brand doorgaans leiden tot een verkenning van de situatie zijn [Tong & Canter, 1985]:

- horen van een vreemd geluid;
- ongebruikelijk gedrag van andere mensen in de omgeving;
- waarnemen van brand en rook.

Uit diverse experimenten blijkt dat een ontruimingssignaal niet als een duidelijke aanwijzing voor brand wordt beschouwd [Proulx, 2003]. Een ontruimingssignaal leidt dan ook niet tot voldoende zekerheid over de situatie. De geur van rook of het zien van vlammen zijn sterkere aanwijzingen voor een

brand en de noodzaak van een ontvluchting [Proulx, 2003]. Wood en Bryan stellen dat wanneer een brand als extreem gevaarlijk wordt gezien, de aanwezigen in een gebouw eerder geneigd zijn te vluchten. De aanwezigheid en dichtheid van rook zijn volgens beide onderzoekers direct gerelateerd aan de gevaarsperceptie [Tong & Canter, 1985].

Ook is uit experimenten gebleken dat groepen mensen veelal niet direct reageren op de eerste tekenen van brand (vreemde geur, geluid of bewegingen) of op alarmsignalen. Het duurt meestal enige minuten voordat er beweging komt in een mensenmassa [Boer, 2002; Proulx, 2000; Proulx, 2001a; Sime, 1995; Purser, 2003; Cornwell, 2003; Pires, 2005]. Het reactiegedrag van mensen ontwikkelt zich als een reeks van besluitvormingsactiviteiten gedurende een bepaalde periode [Cornwell, 2003]. Veelal speelt hierbij de interactie met andere personen in de omgeving een bepalende rol. Mensen wachten bijvoorbeeld vaak op anderen voordat zij zelf actie ondernemen [Cornwell, 2003].

De duur van de besluitvormingstijd is onder andere afhankelijk van de gevaarsperceptie van de aanwezigen en van de opmerkzaamheid in relatie tot brandsignalen [Graham & Roberts, 2000]. De besluitvormingstijd hangt daarmee allereerst af van de signalen die de aanwezigen ontvangen en die een indruk geven van de noodsituatie [Proulx, 2003]. Het ene signaal is duidelijker dan het andere, waardoor de gevaarsperceptie per situatie anders zal zijn. En de mate van gevaarsperceptie heeft invloed op het menselijk gedrag bij brand. Wanneer sprake is van onduidelijke signalen over de noodsituatie, kan de besluitvormingstijd voorafgaand aan de feitelijke ontvluchting sterk oplopen [Proulx, 2003; Cassuto & Tarnow, 2003].

Bij de brand in de discotheek in Gothenburg in 1998 zette de diskjockey de muziek uit en waarschuwde hij dat er brand was [Cassuto & Tarnow, 2003]. Uit interviews blijkt dat vele aanwezigen de melding in eerste instantie niet serieus namen, aangezien direct na de waarschuwing iemand uit het publiek op het podium sprong, een dansje uitvoerde en vervolgens met het publiek grapte. Ook verwarden sommige bezoekers de echte rook met 'discorook' die vaak in discotheken gebruikt wordt. Deze twee percepties werden door de geïnterviewden gegeven als verklaring voor de trage reactie op de brand. Ook schreven velen de trage reactie toe aan het feit dat zij zich het simpelweg niet konden voorstellen dat zij ooit een dergelijke situatie zouden kunnen meemaken.

De effectiviteit van een ontvluchting, en daarmee de kans op overleving, wordt vooral beïnvloed door de snelheid van de (re)actie van de aanwezige personen en de rookontwikkeling. Mensen overlijden bij brand namelijk doorgaans als gevolg van inhalatie van rook en giftige gassen [Gann, 2004b]. Een directe bewustwording van gevaar en een juiste gevaarsperceptie zijn daarmee van levensbelang.

Proulx en Fahy [Gwynne e.a., 2001] hebben onderzoek gedaan naar de ontvluchting tijdens een brand in het World Trade Centre in New York (1993). Uit dit onderzoek bleek dat 94% van de aanwezigen in de ene toren en 70% van de aanwezigen in de andere toren een poging had gedaan om door rook te vluchten. Bijna 50% van de respondenten gaf aan dat zij tot aan het eindpunt door rook hadden gelopen. Van de mensen die geprobeerd hadden om door rook te lopen was driekwart van route veranderd vanwege ademhalingsproblemen, slecht zicht, angst en andere overwegingen. Dit gedrag is ook waargenomen bij de brand in de Beverly Hills Supper Club (Southgate, Kentucky, 1977), tijdens de ontvluchting uit een hoog kantoorgebouw in Ottawa, Canada en is gebleken uit de onderzoeken van Wood (GB, 1972) en Bryan (VS, 1977) [Gwynne e.a., 2001].

De onderzoeken door Wood en Bryan betroffen voornamelijk branden in woningen (GB: 50% en VS: 60%), de overige branden vonden plaats in flatgebouwen, hotels, fabrieken, restaurants, kantoren, scholen, ziekenhuizen en winkels [Frantzich, 1994; SFPE, 2002]. In bijlage 1, in de tabellen B2 en B3, zijn de percentages per zichtlengte van de studies naar het loopgedrag in rook opgenomen. De 1316 personen uit de Britse studie die besloten door rook te lopen, representeren 60% van het totale aantal geïnterviewde personen (N=2193). Bij de Amerikaanse studie (N=366) betrof dit 62,7% van het totale aantal geïnterviewde personen (N=584). Van de mensen die door rook liepen, besloot in de Britse studie (N=1316) 75% door rook te lopen bij een zichtlengte van minder dan 9,2 meter,⁷³ 64% bij een zichtlengte van minder dan 3,8 meter en maar liefst 37% van de ondervraagden liep door rook bij een zichtlengte van minder dan 1,8 meter. Dit is respectievelijk 45%, 38,4% en 22,2% van alle ondervraagden. Van de mensen die door rook liepen, besloot in de Amerikaanse studie (N=366) 79,3% door rook te lopen bij een zichtlengte van minder dan 9,2 meter, 47,6% bij een zichtlengte van minder dan 3,8 meter en 27,4% van de ondervraagden liep door rook bij een zichtlengte van minder dan 1,8 meter. Dit is respectievelijk 49,7%, 29,8% en 17,2% van alle ondervraagden [SFPE, 2002].

Hoewel mensen veelal bekend zijn met het feit dat rook gevaarlijk is, blijkt uit de hiervoor staande voorbeelden dat velen in een noodsituatie bereid zijn om – zelfs lange afstanden – door rook te lopen. Daartegenover staat dat rook in een vluchtroute ook kan leiden tot het kiezen van een andere overlevingsstrategie dan de strategie van ontvluchting [Gwynne e.a., 2001; Frantzich, 1994]. Zo kunnen mensen besluiten terug te keren en in een veilige ruimte te wachten op redding door de brandweer.

73. De zichtlengtes zijn oorspronkelijk weergegeven in de eenheid 'foot' waardoor bij het omrekenen enigszins bijzondere afstandscategorieën ontstaan.

Verder speelt het cognitief vermogen een belangrijke rol bij het menselijk gedrag bij brand. Kinderen en mensen met een verstandelijke handicap hebben een laag cognitief vermogen om de juiste beslissingen te kunnen nemen in geval van brand. Verder speelt de angst om iets te doen wat niet mag een belangrijke rol bij het gedrag van kinderen en mensen met een verstandelijke handicap. Zo is bij brandweermensen bekend⁷⁴ dat kinderen wachten op hun ouders tot ze gered worden, omdat ze denken dat ze niet weg mogen zonder toestemming van hun ouders. Dat gebeurt zelfs in situaties van acute bedreiging, zoals bij een auto te water. Bij een vermoeden van kinderen in een auto voeren brandweerduikers altijd extra verkenningen, omdat ze weten dat kinderen achterin blijven zitten totdat iemand hen eruit haalt. Ook hebben kinderen en mensen met een verstandelijke handicap de neiging om zich in geval van brand te verstoppert, zoals in een kast of onder een bed, in plaats van naar buiten te gaan.

Kortom, er zijn sterke aanwijzingen dat mensen over het algemeen een laag niveau van bewustwording in relatie tot gevaar hebben. Bovendien lijken mensen moeite te hebben gevaarssignalen op hun juiste waarde in te schatten. Ook lijken mensen te beschikken over verschillende overlevingsstrategieën. De volgende paragraaf gaat in op de aangetroffen informatie over overlevingsstrategieën.

6.2 OVERLEVINGSSTRATEGIEËN

Om een brand te kunnen overleven zijn drie strategieën te onderkennen [Tong & Canter, 1985]. De eerste strategie bestaat uit vechten, ofwel het bestrijden van de brand. Als hierbij adequaat wordt opgetreden, bestaat de mogelijkheid de brand te blussen of in omvang te beperken. De tweede strategie bestaat uit schuilen en wachten op redding door anderen. De derde strategie bestaat uit vluchten.

6.2.1 Vechten (brandbestrijding)

Adequaat optreden bij brand bestaat uit het in een vroeg stadium met voldoende blusmiddelen uitvoeren van een bluspoging, en zodanig dat geen ongevallen optreden als gevolg van de bluspoging. Over de mate waarin bluspogingen worden ondernomen, welke blusmiddelen men kiest en over de mate van effectiviteit is nog maar weinig bekend.

74. Gebaseerd op gesprekken met brandweermensen die ervaring hebben met redding en brandbestrijding.

Uit een studie naar gedragsfactoren bij woningbranden in Nederland in 2003 [Kobes e.a., 2001] is gebleken dat 41% van de bewoners eerst zelf een bluspoging heeft uitgevoerd. Bij één op de vijf branden waarbij de bewoner zelf een bluspoging heeft gedaan is de brandweer gebeld nadat de bluspoging was gedaan.

In de hiervoor genoemde studie zijn echter uitsluitend branden onderzocht waarbij de brandweer betrokken is geweest. Om een indruk te krijgen van het aantal branden dat door de bewoners is geblust, of vanzelf is uitgegaan, is het nodig ook informatie te verzamelen over branden waarbij de brandweer niet ter plaatse is geweest. Het Britse ministerie van Binnenlandse Zaken (Home Office) schat dat bij ongeveer 90% van alle woningbranden de brandweer niet wordt ingeschakeld [Barnett e.a., 2007]. Op basis van een studie van de Amerikaanse Consumer Product Safety Commission (1981) onder 32.000 huishoudens is een schatting gemaakt dat bij ongeveer 96% van de woningbranden de brandweer niet wordt gealarmeerd. Deze twee schattingen zijn echter aan te merken als zeer globaal.

Sinds 1993 heeft de Britse overheid een nauwgezette database ontwikkeld om beter onderzoek te kunnen doen naar de branden waarbij de brandweer wel en niet betrokken is geweest [Barnett e.a., 2007]. Deze database betreft de *British Crime Survey* (BCS). De BCS is uitgevoerd in 1993, 1995, 1999 en in 2001/2002. Uit deze studie is naar voren gekomen dat de brandweer bij ongeveer 22% van de woningbranden wordt gealarmeerd; in 78% van de woningbranden is de brandweer niet ter plaatse geweest. Deze gegevens komen overeen met een recentelijk uitgevoerde studie in Australië.

In de Australische studie zijn 500 personen gevraagd naar alle brandervaringen die zij sinds hun 18e levensjaar hebben gehad [Barnett e.a., 2007]. Hierbij is een brandervaring gedefinieerd als een situatie waarin de geïnterviewde persoonlijk betrokken was bij het ontstaan en/of de blussing van een brand, of waarin de persoon een onmiddellijke waarnemer was. Er is sprake van een brandervaring als een vlam of rook zichtbaar is en als de brand heeft geleid tot een bepaalde mate van schade. Uit deze studie (N=500) is naar voren gekomen dat de meeste brandervaringen een woningbrand betroffen (94%) en dat bij de meeste branden (75,2%) de brandweer niet ter plaatse is geweest. In de overige gevallen (24,8%) is de brandweer wel ingeschakeld. Deze resultaten komen sterk overeen met de resultaten uit de BCS. Verder is uit de Australische studie gebleken dat een volwassene gemiddeld één brandervaring per 83,3 volwassen jaren heeft. De kans om meerdere brandervaringen als volwassene mee te maken is gering: slechts 9% van de personen die een brand hadden meegemaakt, maakte melding van meer dan twee of drie brandervaringen. Alle personen met meer dan één brandervaring waren ouder dan 41 jaar [Barnett e.a., 2007].

De aanname is dat vooral de rol en het geslacht van de aanwezigen in een gebouw bepalend zijn voor het al of niet uitvoeren van een blusactie.

Zo is bijvoorbeeld uit een onderzoek in vijf verzorgingstehuizen [Wong & Leung, 2005] gebleken dat 47% van het personeel geneigd is een brand te blussen, tegenover slechts 1% van de bewoners.⁷⁵

Bij experimenten in een Zweeds warenhuis [Benthorn & Frantzich, 1996] zijn ontvluchtingen uitgevoerd. Verder is gevraagd wat men zou doen als in de route naar de uitgang een brandhaard aanwezig was. De meeste personen gaven aan dat zij de brand zouden blussen. Met name bij de mannen was dit het meest gegeven antwoord. Vrouwen daarentegen gaven er de voorkeur aan de brand te laten voor wat deze was en langs de brandhaard te vluchten. Deze personen gaven daarbij aan het gevaarsrisico van de brandhaard laag in te schatten. De groep testpersonen bestond uit 64 personen, waarvan 45,3% mannen en 54,7% vrouwen, in leeftijd variërend van 16 tot 75 jaar. De personen zijn individueel getest.⁷⁶ De antwoorden over eventuele blusacties betreffen antwoorden op een vragenlijst en zijn niet in het experiment getest.

Bij beide voorbeelden gaat het echter om hypothetische gegevens, aangezien geen brandhaard aanwezig was en daardoor geen sprake kon zijn van een reële risico-inschatting. Deze antwoorden kunnen daardoor afwijken van het werkelijke gedrag.

Uit experimenten naar het vluchtgedrag van automobilisten in de Beneluxtunnel [Boer, 2002] bleek bijvoorbeeld dat mensen in een enquête een ander beeld gaven dan in een werkelijk experiment. In de enquête gaf 60% aan via de weg te vluchten en 40% via de nooddeuren. In het experiment bleek echter 25% via de weg te vluchten.

75. De onderzoeksresultaten betreffen antwoorden uit een vragenlijst nadat een ontruimingsalarm is afgegaan. De betreffende vraag in de vragenlijst is: Zou u proberen de brand te blussen? Van een echte brand was geen sprake, de geïnterviewden moesten zich voorstellen dat er brand zou zijn geweest. De resultaten geven een indruk, maar zijn niet volledig betrouwbaar. Voor meer informatie over het onderzoek van Wong en Leung zie bijlage 3, hoofdstuk 3.4.

76. In de onderzoeksrapportage staat vermeld dat de testpersonen in eerste instantie stil bleven staan bij het horen van het brandalarm. De testpersonen begonnen pas met de ontvluchting nadat de onderzoeksleider aangaf dat het de bedoeling was het pand te verlaten. De onderzoekers gaven aan dat de instructie vooraf mogelijk niet duidelijk genoeg was geweest. Verder werd de brandhaard gevisualiseerd met een rode jas. Hoewel de onderzoeksresultaten aansluiten bij gegevens over de uitgangskeuze bij werkelijke branden, kan worden getwijfeld aan de validiteit van het experiment.

Wel zijn summiere incidentgegevens beschikbaar over de invloed van rol en geslacht op het werkelijke blusgedrag bij woningbranden en ziekenhuisbranden. Volgens Wood (GB, 1972) bestijden mannen in woningen en ziekenhuizen eerder de brand dan vrouwen. Deze bevinding wordt echter niet onderschreven door Bryan (VS, 1977), die eenzelfde type studie heeft uitgevoerd [Tong & Canter, 1985].

6.2.2 *Schuilen en wachten op redding*

Hoewel de actiekeuze voor 'schuilen en wachten op redding' gezien kan worden als een vorm van niet-zelfredzaam gedrag, kan de keuze een zeer doeltreffende zijn voor overleving. In het geval dat de vluchtroute bijvoorbeeld is gevuld met rook, is de kans op overleven mogelijk groter wanneer men op een veilige plaats wacht op redding dan wanneer men zelfstandig, zonder beschermende middelen, door giftige rook vlucht. Veel fatale slachtoffers bij brand zijn namelijk overleden als gevolg van rookinhalatie, soms zelfs enkele uren nadat de ontvluchting uit het brandende gebouw had plaatsgevonden. Uit de analyse van de meest fatale branden in Nederland, zoals opgenomen in hoofdstuk 7.1.1, blijkt dat nagenoeg alle fatale branden hebben plaatsgevonden in (bijzondere) woongebouwen en logiesgebouwen.

Proulx en anderen twijfelen aan de effectiviteit van ontvluchting, vooral in hotels en woongebouwen. Incidentevaluaties lijken namelijk aan te tonen dat mensen die besluiten te vluchten een grotere kans lopen de brand niet te overleven of gewond te raken dan mensen die besluiten in hun hotelkamer of woning te wachten op redding [O'Connor, 2005; Proulx, 2001b].

Op 21 november 1980 brak om ongeveer 07.10 uur brand uit in het MGM Grand Hotel and Casino, een luxe 26 verdiepingen tellend uitgaanscomplex met meer dan 2000 hotelkamers in Las Vegas [Bryan, 1992]. Op het moment van de brand waren ongeveer 5000 personen in het hotel en casino aanwezig. 85 mensen overleden en 785 mensen raakten gewond. De brand heeft vooral in het casino op de tweede verdieping gewoed, en in de aangrenzende restaurants. De meeste doden zijn echter op de hogergelegen verdiepingen in het trappenhuis aangetroffen en zijn overleden als gevolg van rookinhalatie. Toen de hotelgasten geconfronteerd werden met de rook, konden zij niet meer terug naar hun hotelkamer. De deur van de hotelkamer was namelijk dichtgevallen, nadat zij de kamer hadden verlaten.

Drie maanden na de brand in MGM Grand Hotel brak op 11 februari 1981 opnieuw brand uit in een hotel in Las Vegas [Demers, 1981; RTL, 1997]. Ditmaal betrof het een brand in het Las Vegas Hilton. Bij deze brand heeft de brandweer gebruikgemaakt van de lessen die getrokken zijn uit de brand in het MGM Grand Hotel. De

brandweer maakte gebruik van het lokale televisienetwerk⁷⁷ en vertelde de hotelgasten vooral in hun kamer te blijven en niet naar de gangen en de trappen te gaan. Het aantal dodelijke slachtoffers is beperkt gebleven tot acht personen [Demers, 1981]. Waarschijnlijk heeft de oproep via de televisie een belangrijke bijdrage geleverd aan het relatief lage aantal slachtoffers [RTL, 1997].

Daartegenover staat dat het schuilen en wachten op redding kan leiden tot insluiting door (de effecten van) brand. Het wachten op redding is alleen effectief als men in een veilige omgeving schuilt. Een veilige omgeving is een ruimte waar geen rook kan binnendringen en van waaruit een veilige redding mogelijk is. Vanuit de bouwtechnische uitgangspunten voor brandveiligheid gezien, moeten mensen in een verblijfsruimte in een cellencomplex, ziekenhuis, woongebouw of hotel ten minste 30 minuten veilig kunnen wachten op redding. De brand in het cellencomplex op Schiphol in 2005 heeft echter aangetoond dat brandcompartimentering kan falen⁷⁸ en dat brand, hitte en rook zich snel kunnen uitbreiden. Het wachten op redding blijkt niet altijd effectief te zijn, zoals ook wordt geïllustreerd met het volgende voorbeeld van een woningbrand in Amsterdam.

Amsterdam – oktober 2004

Een brand in een pand in Amsterdam heeft het leven gekost aan een vrouw [11]. Twee mannen en een vrouw, waarvan één brandweerman, raakten gewond. Zij werden door ambulances naar een ziekenhuis vervoerd. Omstanders alarmeerden de brandweer rond kwart voor één 's nachts. Bij aankomst werd meteen duidelijk dat er nog drie mensen in het pand waren. Met behulp van autoladders werden twee mensen in veiligheid gebracht en overdragen aan ambulancepersoneel. Voor één vrouw kwam de hulp te laat. Zij overleed in het ziekenhuis, ondanks reanimatiepogingen. Circa tien mensen konden zichzelf in veiligheid brengen.

77. In het televisieprogramma RTL Dossier vertelt brandweerofficier en toenmalig pr-medewerker Dinsman van het Clark County Fire Department dat hij de hotelkamers in het bedreigde gebied belde en de hotelgasten vroeg de televisie op een bepaalde zender te zetten. Via een van de drie op de brandlocatie aanwezige lokale televisienetwerken gaf hij gedurende het incident nadere instructies en geruststellende berichten aan de mensen die in opdracht van Dinsman in de hotelkamers bleven wachten op redding. In het officiële incidentverslag van Demers (NFPA) is aangegeven dat de brandweer gebruikmaakte van *voice communication capabilities*. Demers gaat in het rapport niet nader in op de relatie tussen het beperkte aantal doden en de informatievoorziening aan de hotelgasten. Wel wordt vermeld dat de mensen die op de hotelkamers bleven wachten telefonisch contact hadden met de hotelorganisatie en dat hun werd opgedragen natte handdoeken tegen de deur te leggen en te wachten op de brandweer.

78. In dit geval in eerste instantie omdat de celdeur open bleef staan.

Diverse branden hebben bovendien aangetoond dat mensen doorgaans eerder geneigd zijn door rook te lopen, of zelfs te springen, dan te wachten op redding [Proulx, 2003; SFPE, 2002; Gwynne e.a., 2001; Graham & Roberts, 2000; 17].

6.2.3 Vluchten

De derde overlevingsstrategie is de strategie van ontvluchting. In de literatuur wordt deze strategie doorgaans aangeduid met de term *evacuation*.

De ontvluchting is een aaneenschakeling van gebeurtenissen waarbij de aanwezigen in een gebouw een brand opmerken en waarna zij verschillende mentale processen doormaken en diverse acties uitvoeren voor en/of tijdens de verplaatsing naar een veilige plaats in of buiten het gebouw [SFPE, 2002].

Het vluchtproces kenmerkt zich door drie bepalende fasen waarin basisactiviteiten worden uitgevoerd [Frantzich, 1994; Purser & Bensilum, 2001; O'Connor, 2005; en anderen]:

- bewustwording van gevaar door externe stimuli;
- validatie van en reactie op gevaarssignalen;
- verplaatsing naar een veilige omgeving.

De fase van bewustwording beperkt zich tot de periode tussen het moment van het ontstaan van brand en het moment dat de persoon opmerkt dat er iets ongebruikelijks heeft plaatsgevonden. De personen die met gevaar in aanraking komen, worden door externe stimuli op de hoogte gebracht. Deze externe stimuli kunnen bestaan uit auditieve signalen, bijvoorbeeld een ontruimings-signaal, en visuele signalen, bijvoorbeeld rook. Maar ook het gedrag van mensen in de directe omgeving kan een externe stimulus zijn.

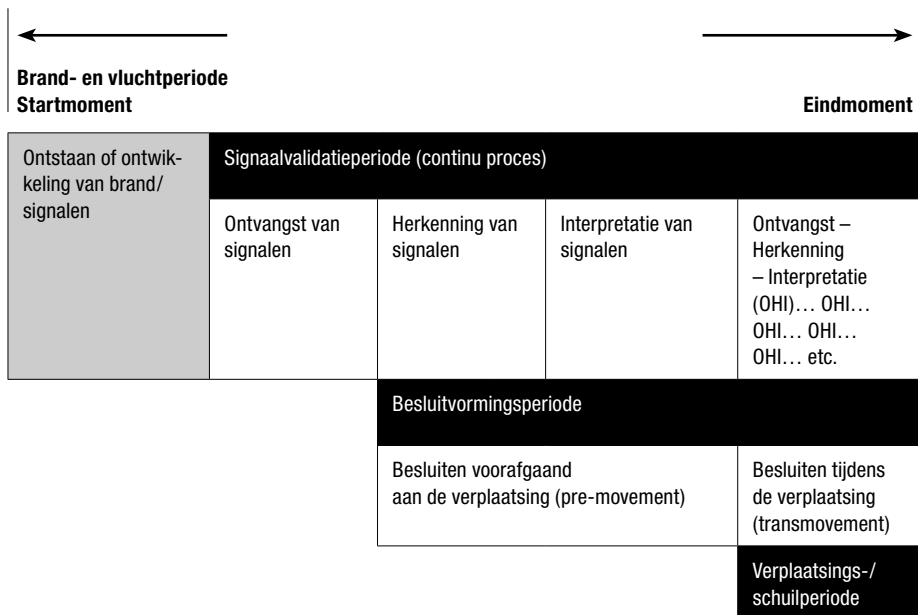
De fase van validatie en reactie, ook wel aangeduid als de fase van besluitvorming, staat gelijk aan de periode tussen het moment dat de persoon opmerkt dat er iets ongebruikelijks heeft plaatsgevonden en het moment dat een actie wordt uitgevoerd. Eerst moet het signaal onderkend en geïnterpreteerd worden als iets ongebruikelijks. De reactie kan vervolgens bestaan uit het verzamelen van informatie over wat er is gebeurd, brandbestrijding, het helpen van anderen, het redden van eigendommen, het alarmeren van hulpverleningsdiensten, het verlaten van het gebouw of zelfs het negeren van het gevaar. Het proces van validatie en reactie is een continu proces dat bestaat uit diverse mentale besluiten die resulteren in een actie.

De fase van verplaatsing naar een veilige omgeving is de laatste fase van het vluchtproces. In sommige gevallen is het niet meer mogelijk om het gebouw

te verlaten, bijvoorbeeld vanwege rookontwikkeling of een ontoegankelijke vluchtroute. In een dergelijke situatie kan de laatste actie bestaan uit het schuilen in een veilige omgeving, ofwel het wachten op redding door de brandweer.

De Amerikaanse *Society of Fire Protection Engineers (SFPE)* heeft de drie fasen van het vluchtproces in een model verwerkt. In figuur 6.2 zijn de drie fasen van het vluchtproces weergegeven.

Figuur 6.2 Processen gedurende de brand- en vluchtperiode [SFPE, 2002]



In figuur 6.2 is gevisualiseerd dat de fasen van het vluchtproces niet opeenvolgend zijn, maar gelijktijdig kunnen plaatsvinden. Bovendien is het proces van ontvangen, herkennen en interpreteren van signalen een zich continu herhalend proces.

Het vluchtproces is volgens Gwynne e.a. (1999) en O'Connor (2005) afhankelijk van de interactie tussen:

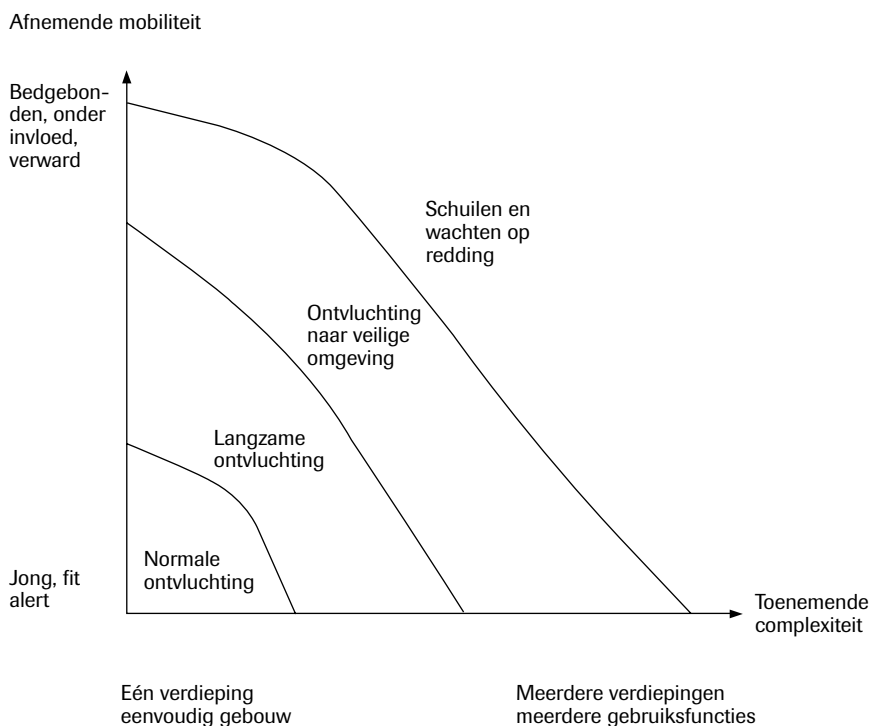
- gebouwwontwerp, dat invloed heeft op routekeuze en doorstroomsnelheden en dergelijke;
- omgevingscondities als gevolg van een incident, zoals rook in de vluchtroute;
- procedurele aspecten, zoals gericht op bedrijfshulpverlening, ontruimings-oefeningen, bekendheid van de looproutes;
- menselijk gedrag bij incidenten en de ontvluchting.

De interactie tussen deze vier aspecten vindt plaats tijdens de signaalvalidatieperiode, de besluitvormingsperiode en de verplaatsings-/schuilperiode. De vier aspecten zijn wereldwijd in de diverse performance-based regelgevingen als uitgangspunten voor *fire safety engineering* genoemd [O'Connor, 2005; Gwynne e.a., 1999].

De gedragsaspecten met betrekking tot ontvluchting zijn volgens Klüpfel (2005) afhankelijk van persoonlijke omstandigheden (van jong/fit, alert naar bedlegerig, verward) en het gebouwwontwerp (van eenvoudig naar complex). De gedragsaspecten, de persoonlijke omstandigheden en het gebouwwontwerp zijn in figuur 6.3 weergegeven.

Op de verticale as is de mate van mobiliteit van personen weergegeven, waarbij deze afneemt van mobiel naar verminderd mobiel tot niet-mobiel.

Figuur 6.3 Gedragsaspecten, persoonlijke omstandigheden en gebouwwontwerp [Klüpfel, 2007]



Op de horizontale as is de mate van complexiteit van het gebouwwontwerp weergegeven, waarbij deze toeneemt van eenvoudig tot zeer complex. In het veld zijn schematisch vier niveaus van ontvluchting weergegeven. Hoe

complexer het gebouwontwerp en/of hoe minder mobiel de aanwezige personen, des te onveiliger de ontvluchting. Zo is er sprake van een situatie met een normale vluchtsnelheid (normale ontvluchting) – en dus veilig niveau van ontvluchting – in een eenvoudig gebouw, zoals een gebouw zonder verdiepingen, waarin jonge, fitte, alerte (mobiele) personen aanwezig zijn. De andere weergegeven niveaus betreffen een langzame ontvluchting, een ontvluchting naar een veilige omgeving en een bescherming ter plaatse (schuilen en wachten op redding). Bij het laatste niveau gaat het om de bouwkundige of installatietechnische bescherming van de aanwezige personen tegen de gevaren van brand/rook. Hierbij valt te denken aan subcompartmentering, zoals van ziekenhuis-kamers waarin aan bed gebonden personen aanwezig zijn (afnemende mobiliteit), en aan veilige opvangruimten, zoals bij trappenhuizen in hoge gebouwen (toenemende complexiteit).

Bij het stellen van criteria voor aanvullende maatregelen is niet alleen de complexiteit van de infrastructuur (bijvoorbeeld een gebouw) van belang, maar ook het aantal aanwezigen in de infrastructuur [Oomes, 2006]. Om de risico's met betrekking tot zelfredzaamheid te kunnen bepalen zijn twee aandachtspunten van belang:

- mobiliteit;
- aantal aanwezigen.

In relatie tot niet-zelfredzaamheid worden twee niveaus van mobiliteit onderskend [Oomes, 2006]:

- verminderde mobiliteit;
- verhinderde mobiliteit.

Verminderde mobiliteit wordt gezien als een interne factor; men is niet meer of nog niet zelfstandig mobiel. Denk hierbij aan gehandicapten, kinderen en mensen die onbekend zijn met de taal en de infrastructuur waarin zij verblijven. *Verhinderde mobiliteit* ontstaat in die situaties waar mensen op zichzelf als mobiel en zelfredzaam kunnen worden gezien, maar waar zij gehinderd worden in hun zelfredzaamheid door externe factoren. Bijvoorbeeld door afgesloten ruimten (gevangenissen, treinen), complexe gebouwen (stations met meervoudig ruimtegebruik) en grote groepen mensen (evenementen zoals Sail en de vrijmarkt op Koninginnedag) [Oomes, 2006].

In figuur 6.4 is de risicobepaling op basis van mobiliteit en aantal aanwezigen gevisualiseerd.

Figuur 6.4 Risicobepaling op basis van mobiliteit en aantal aanwezigen [Oomes, 2006]

| | Weinig mensen aanwezig | Veel mensen aanwezig |
|--|---|---|
| Zelfredzaam (mobiel) | <i>Laag risico</i> Gemiddeld kantoorgebouw waar bezoekers komen, winkels | <i>Gemiddeld risico</i> Bijeenkomstgebouwen en publieksgebouwen, evenementen |
| Niet-zelfredzaam (verminderd of verhinderd mobiel) | <i>Gemiddeld risico</i> Kinderopvang, kleine verpleeghuizen | <i>Hoog risico</i> Ziekenhuizen, psychiatrische inrichtingen, gevangenissen |

Een nadeel van de risicobepaling op basis van mobiliteit en aantal aanwezigen is dat er geen rekening kan worden gehouden met dynamische situaties [Oomes, 2006]. Zo kan het standaardrisico voor een inrichting een gemiddeld risico zijn, zoals bij evenementen, maar kan dit door diverse omstandigheden opeens uitgroeien tot een hoog risico. Denk hierbij aan externe factoren zoals het weer, waardoor een groep opeens niet-zelfredzaam blijkt, zoals bij het Dance Valley-incident (2001) het geval was [Oomes, 2006].

Bijzondere vorm van vluchten

Een bijzondere vorm van vluchten is het springen uit een gebouw.⁷⁹ Ter illustratie twee voorbeelden: een brand in een hotel in Parijs waarbij mensen uit het raam sprongen en een brand in een bovenwoning in Vlissingen waarbij de bewoner via een geknoopt laken vluchtte.

Parijs – april 2005

Bij een grote brand in een hotel in Parijs zijn zeker 23 doden en meer dan 45 gewonden gevallen [17]. Onder de doden zijn ten minste acht kinderen. De brand in hotel Paris-Opera, in het centrum van Parijs (9e arrondissement), brak vrijdag-nacht rond twee uur uit. Sommige hotelgasten sprongen uit het raam om te ontsnappen aan de vuurzee. De brand was ontstaan in de ontbijtzaal in de kelder, die met gebruik van kaarsen provisorisch als romantische slaapruijnte was ingericht.

Vlissingen – januari 2007

Een 67-jarige man uit Vlissingen is zaterdagnacht bij een brand in zijn huis met een geknoopt laken aan de vlammenzee ontsnapt [18]. De man zag kans zijn woning via de bovenverdieping via een laken te verlaten. De bejaarde man heeft nogal wat rook ingeademd en is voor controle naar een ziekenhuis gebracht. De brand in het huis brak rond 01.00 uur uit en is vermoedelijk veroorzaakt door kortsluiting. De brandweer zette vijftien mensen en drie wagens in. De schade is zo groot, dat het huis onbewoonbaar is verklaard.

79. Zie hoofdstuk 7.1.1.

De aspecten van ontvluchting zijn het meest onderzocht en in de literatuur besproken. De volgende paragrafen gaan daarom vooral in op de overlevingsstrategie van ontvluchting. De effectiviteit van ontvluchting, anders gesteld de zelfredzaamheid bij brand, wordt voor een deel beïnvloed door de menskenmerken. De menskenmerken bestaan uit persoonskenmerken, persoonsgebonden situatiekenmerken en sociale kenmerken.

6.3 PERSOONSKENMERKEN

In deze paragraaf wordt ingegaan op de persoonskenmerken. Dit zijn kenmerken die voor de individuen in een gebouw onderling verschillend kunnen zijn. De persoonskenmerken zijn gerelateerd aan het profiel, het karakter, de mobiliteit, het waarnemingsvermogen en de persoonlijke kennis en ervaringen.

Het proces van besluitvorming maakt deel uit van het vluchtproces. Het besluitvormingsproces van de in een gebouw aanwezige personen in de periode voor en tijdens een ontvluchting wordt bepaald door de persoonlijke gedragsreactie op [Gwynne e.a., 1999]:

- gedrag van andere personen in de directe omgeving (sociale factoren);
- gebouwwontwerp;
- omgevingscondities als gevolg van een incident (omgevingsfactoren).

De persoonlijke gedragsreactie kan op verschillende niveaus plaatsvinden, te weten [Gwynne e.a., 1999]:

- psychologisch, dit is een reactie die gebaseerd is op de beschikbare informatie, gezien het profiel en de ervaring van de betreffende persoon;
- sociologisch, dit is een reactie die gebaseerd is op het gedrag van mensen in de directe omgeving van de betreffende persoon;
- fysiek, dit is een reactie op de omgevingscondities die effect kan hebben op de fysieke vluchtmogelijkheid van de betreffende persoon. Zo kan sprake zijn van functie-uitval als gevolg van de inhalatie van toxische gassen.

De persoonlijke gedragsreactie kan daarmee worden aangemerkt als persoonskenmerken die de mate van zelfredzaamheid (mede)bepalen.

Diverse onderzoeken [Tong & Canter, 1985; Frantzich, 1994; Sandberg, 1997; Gwynne e.a., 2001; SFPE, 2002; O'Connor, 2005] hebben aangetoond dat persoonskenmerken van invloed zijn op het gedrag bij brand. De belangrijkste factoren en bevindingen met betrekking tot de persoonlijke kenmerken zijn hierna samengevat.

Profiel: geslacht en leeftijd

In veel incidentevaluaties en experimenten wordt gekeken naar de resultaten in relatie tot het geslacht en de leeftijd van de vluchtende personen. Zo zou het geslacht van de aanwezigen in een gebouw van invloed zijn op de voorkeur voor vluchten of brandbestrijding. Veel van de bevindingen zijn gebaseerd op onderzoeken van Wood en Bryan in de jaren zeventig van de vorige eeuw [SFPE, 2002].

Tong en Canter (1985) geven een opsomming van de bevindingen van Wood en Bryan wat betreft de invloed van het geslacht op het gedrag bij brand:

- Vrouwen starten een ontvluchting eerder dan mannen.
- Vrouwen waarschuwen anderen eerder dan mannen.
- In woningen bestrijden mannen eerder de brand.
- Vrouwen verzamelen eerder familieleden.
- Vrouwen bellen eerder de brandweer.
- Mannen gaan eerder terug in de woning (om mensen en spullen te redden).
- In ziekenhuizen bestrijden mannen eerder brand.
- Vrouwen beschermen eerder patiënten en vluchten eerder met patiënten dan mannen
- Vrouwen volgen eerder aangeleerde en overeengekomen instructies.

De opsomming kan nog worden aangevuld met de bevinding die alleen door Bryan is gedaan [Frantzich, 1994; SFPE, 2002]:

- Mannen zijn in geval van rook in de vluchtroute eerder geneigd om terug te keren of om een andere route te kiezen dan vrouwen.

De bevindingen van Wood en Bryan zijn echter niet eenduidig. Zo wordt de bevinding van Wood dat vrouwen eerder geneigd zijn direct te starten met de ontvluchting dan mannen door Bryan niet onderschreven. Dit geldt ook voor de bevinding van Wood dat mannen eerder geneigd zouden zijn de brand te bestrijden [Tong & Canter, 1985], en dat mannen eerder geneigd zouden zijn door rook te lopen [Frantzich, 1994]. Mogelijk is het verschil tussen de bevindingen van Wood en Bryan toe te schrijven aan een cultuurverschil op het gebied van emancipatie. Ook andere onderzoekers hebben gekeken naar het mogelijke verschil in het gedrag van mannen en vrouwen.

Bij experimenten in een Zweeds warenhuis [Benthorn & Frantzich, 1996] gaven met name mannen aan dat zij de brand zouden blussen. Vrouwen daarentegen gaven er de voorkeur aan de brand te laten voor wat deze was en langs de brandhaard te vluchten. De testpopulatie bestond uit 64 personen, waarvan 45,3% mannen en 54,7% vrouwen, in leeftijd variërend van 16 tot 75 jaar.

Bij een experiment door Brennan (1995) in een kantoorgebouw in Australië is geconstateerd dat vrouwen eerder geneigd zijn een andere route te kiezen dan mannen wanneer zij geconfronteerd worden met rook. De testpopulatie bestond uit 10 mannen en 19 vrouwen in de leeftijd van 29 tot 77 jaar [Gwynne e.a., 2001].

Wat betreft het lopen door rook heeft Wood geconstateerd dat mensen die bekend zijn met de omgeving, zoals in woningen, eerder geneigd zijn door rook te lopen dan mensen die niet bekend zijn met de omgeving [Frantzich, 1994]. De afstand die door rook is afgelegd bleek niet leeftijdsafhankelijk te zijn.

Profiel: beroep

Verder kan het beroep van mensen een factor zijn voor het overleven van een brand. Hiernaar is echter zelden onderzoek gedaan. Van de 31 dodelijke slachtoffers van de brand in King's Cross (Londen, 1987) zijn de identiteit en het beroep wel bekend [Fennell, 1988].

Bij de brand in station King's Cross (Londen, 1987) zijn 31 doden gevallen, acht vrouwen, één jongen en 22 mannen [Fennell, 1988]. De dodelijke slachtoffers waren: een huismoeder met haar zoontje van zeven, een weduwe, een 72-jarige dakloze man (pas in 2004 geïdentificeerd), drie studenten, twee musici, een financieel journaliste, twee effectenmakelaars, twee gemeenteambtenaren, twee kantoormedewerkers, een bankmedewerkster, een managementassistent, een uitzendkracht, een zelfstandig schilder en decorateur, een manager van een wisselkantoor, een bedrijfsdirecteur, een installatiemanager, een architect, een ingenieur, een koelhuisinspecteur, een materieelcontroleur, een onderwijzeres, een assistent verpleegkundige, een stafverpleger en een postcommandant van brandweer Londen [Fennell, 1988; Taylor, 2004].

In de lijst van beroepen van de dodelijke slachtoffers bij deze brand is geen bijzondere trend waarneembaar. Er zijn vier slachtoffers met een leidersrol (directeur, zelfstandige), vier technici, zeven (kantoor)medewerkers, ten minste twee senioren, ten minste twee mensen met een onderlinge sociale band, een dakloze die mogelijk onder invloed was en ten minste drie of vier (inclusief de lerares) professionele hulpverleners. Kortom, het lijkt erop dat de slachtoffers, met uitzondering van de postcommandant van de brandweer, een doorsnee van de dagelijkse aanwezigheid in het station representeren. In de literatuur over het vluchten bij brand is geen informatie aangetroffen over de mogelijke invloed van het beroep op het menselijk gedrag bij brand.

Karakter: volger of leider

Mensen kijken doorgaans eerst naar de acties van anderen en reageren dan zoals de mensen in de directe omgeving reageren [Gwynne e.a., 1999]. Uit inci-

dentevaluaties komt verder naar voren dat mensen instructies van mensen met autoriteit volgen, als de instructies overeenkomen met hun eigen beoordeling van de situatie [Proulx, 2007]. In de literatuur over het vluchten bij brand is geen informatie aangetroffen over de invloed van de karaktereigenschap van natuurlijk leiderschap (het verschijnsel dat een bepaald persoon als vanzelfsprekend de leiding heeft). Voorbeelden uit incidenten, zie hiervoor hoofdstuk 6.5, bij *Rol en verantwoordelijkheid*, lijken aan te tonen dat deze karaktereigenschap van natuurlijk leiderschap, en de tegenovergestelde karaktereigenschap van volgzzaamheid, wel van invloed zijn op de persoonlijke gedragsreactie.

Karakter: stressniveau

Een aspect dat de aandacht voor het brandgevaar beïnvloedt, is het stressniveau. Mensen kunnen een beperkte hoeveelheid informatie verwerken. Wanneer de informatieverwerkingscapaciteit wordt overschreden, is het nodig dat het individu een selectie maakt uit de informatie. Dit betekent dat hoe meer activiteiten worden uitgevoerd voordat een brand uitbreekt – dus hoe hoger het stressniveau – hoe kleiner de capaciteit is om de signalen van brand te herkennen. Dit houdt in dat mensen met een hoog stressniveau langzamer reageren op signalen van gevaar. Verder reduceren omgevingsgeluid en vermoeidheid de aandacht voor brandgevaar [Pires, 2005].

Een andere aanleiding voor een hoog stressniveau kan de confrontatie met een onbekende situatie, zoals een brand, in een onbekende omgeving zijn. Juist dan is het gedrag in reactie op de binnenkomende informatie van groot belang. In 1983 publiceerde de Deen Jens Rasmussen een belangrijk model van menselijk gedrag [Verwey, 2004]. Rasmussen laat zien dat binnenkomende informatie via verschillende wegen tot een respons kan leiden. Dat kan via een korte snelle weg. Dit gebeurt bijvoorbeeld wanneer mensen een bocht uitrijden, opeens een obstakel op de weg zien, meteen op de rem staan en achteraf pas beseffen wat er gebeurde. Dit is wat Rasmussen automatisch, of op vaardigheid gebaseerd gedrag (*skill-based behavior*) noemt. Het kan ook zijn dat de juiste reactie afhangt van bepaalde regels. Dit gebeurt bijvoorbeeld als er een auto van rechts komt. Of mensen in dergelijke situaties stoppen, hangt er bijvoorbeeld van af of zij op een voorrangsweg rijden. Dit noemt Rasmussen op regels gebaseerd gedrag (*rule-based behavior*). Ten slotte zijn er situaties die mensen niet kennen. Hiervan is bijvoorbeeld sprake als Nederlanders in Engeland een rotonde naderen. Zij moeten dan het normale gedrag om rechts de rotonde op te rijden onderdrukken. Vervolgens moeten zij nadenken over hoe de regels in Engeland zijn. Mensen kunnen dan het volgen van hunvoorligger als de beste oplossing zien. Zo'n redenering noemt Rasmussen op kennis gebaseerd gedrag (*knowledge-based behavior*), omdat bestaande, veelal verbale kennis expliciet vertaald moet worden in gedrag. En dat kost tijd en mentale inspanning [Verwey, 2004].

Uit het hiervoor staande wordt duidelijk dat een verhoogd stressniveau iets anders is dan paniek. Er is sprake van paniek als mensen irrationeel, onlogisch en ongecontroleerd gedrag vertonen [Sime, 1990]. Dergelijk gedrag kan bijvoorbeeld verward worden met het springen uit een hoog gebouw, wanneer een persoon door brand is ingesloten. Maar wanneer springen door de betreffende persoon als de nog enige overblijvende actie wordt beschouwd, dan is het springen een rationele, logische en gecontroleerde actie. Quarantelli was in 1954 de eerste sociologische wetenschapper die geen bewijs vond voor de associatie van paniek met grote rampen [Sime, 1990]. En vele andere onderzoekers volgden. Toch blijft de associatie van paniek met brand telkens terugkomen, vooral wanneer in de media wordt bericht over ernstige branden [Sime, 1990].

Karakter: geloof in eigen kunnen

Het vluchtgedrag van mensen wordt mogelijk voor een belangrijk deel beïnvloed door het geloof in eigen kunnen [Sillem, 2005]. Bandura noemt dit *self-efficacy belief*. Het geloof in eigen kunnen beïnvloedt de keuzes die mensen maken, de moeite die ergens voor wordt gedaan, hoe lang in de actie wordt volhard als mensen obstakels tegenkomen (en er wordt gefaald) en hoe mensen zich voelen. De *self-efficacy belief* maakt deel uit van Bandura's *Social Cognitive Theory*.

Geloof in eigen kunnen wordt beschouwd als een intuïtief proces waarbij personen de resultaten van hun activiteiten interpreteren en deze interpretaties gebruiken om het geloof in eigen kunnen te ontwikkelen in een vergelijkbare situatie met specifieke taakkenmerken [Sillem, 2005]. Dit geloof in eigen kunnen verwijst naar specifieke verwachtingen die mensen hebben over de mogelijkheid om gerichte acties te ondernemen om het beoogde resultaat te bereiken. Bandura stelt verder dat het niveau van motivatie, emoties en activiteiten meer gebaseerd is op wat mensen geloven dan op objectieve zaken. Met geloof wordt bedoeld op een individuele representatie van de werkelijkheid, die voor de persoon zo overtuigend is dat zijn gedrag en gedachten hierdoor geleid worden. Bandura stelt in zijn *Social Cognitive Theory* dat veel mensen een intern systeem bezitten dat hen in staat stelt om een mate van controle over denken, gevoel, motivatie en activiteiten uit te oefenen. Deze interne controle is gebaseerd op persoonlijke kennis, gevoel en biologische eigenschappen, en ook gedrag en invloeden uit de omgeving spelen een rol [Sillem, 2005].

Hoewel de theorie niet is getest op noodsituaties, is het geloof in eigen kunnen mogelijk ook van invloed op de beslissingen die mensen nemen in noodsituaties. De parallel met ontvluchting uit een noodsituatie is evident [Sillem, 2005]. Mensen maken een interpretatie van de noodsituatie, schatten op basis van

eigen kennis, ervaringen en invloeden uit de (sociale) omgeving de kans in dat zij hieraan effectief kunnen ontkomen.

Mobiliteit en conditie

De mobiliteit is afhankelijk van bijvoorbeeld leeftijd en aanwezigheid van een handicap [Sandberg, 1997]. Kinderen en bejaarden zijn veelal verminderd mobiel, evenals rolstoelgebruikers. Ook mensen die ziek zijn of een slechte conditie hebben, kunnen verminderd mobiel zijn. Daarnaast zijn ingesloten in bijvoorbeeld gevangenissen en psychiatrische inrichtingen niet (zelfstandig) mobiel.

Uit incidentevaluaties blijkt bovendien dat méér mensen niet in staat zijn om zichzelf te redden dan voorheen werd opgenomene. Uit studies naar de ontvluchting uit de torens van het World Trade Centre in New York in 1993 en 2001 [Bukowski, 2005; Averill e.a., 2007] is bijvoorbeeld gebleken dat meerdere mensen, gewoonlijk aangemerkt als 'gemiddeld mobiel', problemen hadden met het afdalen van trappen. Met name wanneer lange afstanden via trappen afgelegd moeten worden, zoals in hoge gebouwen, blijkt het aantal mensen dat met beperkingen te maken krijgt hoog te zijn.

Waarnemingsvermogen

Het waarnemingsvermogen is de persoonlijke eigenschap om signalen van gevaar te kunnen opmerken. De aspecten van het waarnemingsvermogen zijn gerelateerd aan de brandkenmerken en zijn onder te verdelen in het zichtvermogen, het hoorvermogen en het reukvermogen. Als een persoon slechtziend, slechthorend is of een beperking van het reukvermogen heeft, dan heeft de persoon een laag waarnemingsvermogen. Het waarnemingsvermogen is variabel en wordt beïnvloed door de mate van opmerkzaamheid van een persoon. Zo wordt door het gebruik van alcohol, drugs en narcotica het waarnemingsvermogen tijdelijk beperkt [Bruck, 2001]. Ook hebben mensen die slapen een laag waarnemingsvermogen [Sandberg, 1997].

Kennis en ervaring: eerdere ervaring met ontvluchting, opleiding en training

Wood en Bryan hebben ook onderzocht of eerdere ervaringen met een ontvluchting van invloed zijn op het gedrag bij brand. De resultaten uit beide onderzoeken zijn echter niet eensluidend.

Volgens Wood zijn mensen minder snel geneigd te vluchten wanneer zij eerder een brand hebben meegemaakt [Tong & Canter, 1985]. Aangenomen wordt dat mensen die de ervaring hebben dat een brand overleefd kan worden andere opties dan alleen ontvluchting overwegen. Deze bevinding wordt door Bryan niet onderschreven.

Mensen die voorafgaand aan een brand een ontruimingsoefening hadden meege- maakt bleken langere afstanden door rook te lopen dan mensen die niet geoefend waren. Bryan heeft daarentegen geconstateerd dat driekwart van de mensen die door rook liepen nooit eerder een brand of een ontruimingsoefening had meege- maakt [Frantzich, 1994].

Ook uit andere studies wordt de invloed van opleiding en training niet geheel duidelijk. In de *Engineering guide to human behaviour in fire* [SFPE, 2002] wordt verondersteld dat mensen die getraind zijn eerder een gevoel van controle over de situatie hebben en daardoor minder snel geneigd zijn om te vluchten. Sandberg (1997) constateert daarentegen dat personeel dat getraind is in het omgaan met brandsituaties, een positieve invloed heeft op de reactietijd van alle aanwezigen. Ook uit experimenten door Fahy en Proulx (2001) in kan- toorgebouwen en winkels blijkt dat in geval van een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie de reactietijd ongeveer tienmaal sneller is dan wanneer de ontvluchting niet door getraind personeel wordt begeleid.

De invloed van persoonskenmerken

De in de literatuur genoemde persoonskenmerken en de invloeden zijn in tabel 6.1 weergegeven.

Tabel 6.1 Persoonskenmerken die van invloed zijn op het gedrag bij brand

| Persoonskenmerk | Invloed op ... |
|--|---|
| Geslacht | Vermogen tot ontdekken van brand, gedrag bij brand, vluchtsituatie, besluitvor- ming bij rook, voorkeur voor vechten of vluchten |
| Leeftijd | Vermogen tot ontdekken van brand, gedrag bij brand, vluchtsituatie, besluitvor- ming bij rook, weerstand tegen brandeffecten, vermogen tot verplaatsing naar een veilige omgeving (kinderen en ouderen zijn veelal verminderd mobiel) |
| Beroep | (Niet benoemd) |
| Volger/leider | (Niet benoemd) |
| Stressniveau | Reactiemogelijkheid. Mensen met een hoog stressniveau reageren langzamer op signalen van gevaar. Omgevingsgeluid en vermoeidheid reduceren de aandacht voor brandgevaar |
| Geloof in eigen kunnen | (Niet benoemd) |
| Fysieke mogelijkheden, mobiliteit | Vermogen tot verplaatsing naar een veilige omgeving |
| Conditie | Reactiemogelijkheid (neemt af des te langer men wordt blootgesteld aan brand- effecten), weerstand tegen brandeffecten, vermogen tot verplaatsing naar een veilige omgeving (mensen die ziek zijn of een slechte conditie hebben kunnen verminderd mobiel zijn) |
| Verminderde zelfredzaamheid, hulpbehoevend | Vermogen tot verplaatsing naar een veilige omgeving, BHV-afhankelijkheid |
| Waarnemingsvermogen | Vermogen tot ontdekken van brand |

| Persoonskenmerk | Invloed op ... |
|--|--|
| Eerdere ervaring met brand/ontvluchting | Gedrag bij brand, vluchtsituatie |
| Opleiding/training (in brandbestrijding en ontvluchting) | Gedrag bij brand, vluchtsituatie Tegenstrijdige bevindingen: <ul style="list-style-type: none"> • eerder controle over de situatie en minder snel geneigd te vluchten; • personeel dat getraind is in het omgaan met brandsituaties, heeft een positief effect op de reactietijd van alle aanwezigen. |

Een persoonskenmerk in tabel 6.1 dat nog niet eerder is besproken is de verminderde zelfredzaamheid en de hulpbehoevendheid. In bijlage 3 wordt ingegaan op het gedrag bij brand van mensen met beperkingen.⁸⁰

6.4 PERSOONSGEBONDEN SITUATIEKENMERKEN

In deze paragraaf wordt ingegaan op de persoonsgebonden situatiekenmerken. Dit zijn omstandigheden die voor de individuen in een gebouw onderling kunnen verschillen. In hoofdstuk 7.2 worden de gebouwgebonden situatiekenmerken besproken. Deze situatiekenmerken zijn gerelateerd aan de gebruiksaspecten van een gebouw en zijn van invloed op alle aanwezigen in het gebouw.

Uit de literatuur komen drie persoonsgebonden situatiekenmerken naar voren: opmerkzaamheid, fysieke positie en bekendheid met het gebouw.

Opmerkzaamheid

De belangrijkste indicator voor opmerkzaamheid is het feit of mensen slapen of wakker zijn [Sandberg, 1997]. Mensen die slapen hebben een bijzonder laag niveau van opmerkzaamheid over wat er in de directe omgeving gebeurt.

Uit een experimenteel onderzoek bleek dat slapende personen nauwelijks waren te ontwaken door een geurstimulus. En slechts 20% van de testpersonen ontwaakte tijdens de slaap (in de tweede slaapfase) door de geur van rook. Uit een andere studie onder 17 jonge volwassenen met een leeftijd van 18 tot 26 jaar (gemiddeld 21,4 jaar) bleek 29% van de mannen en 80% van de vrouwen wakker te worden

80. Mensen met beperkingen zijn in geval van een calamiteit veelal aangewezen op hulp van omstanders en daarmee niet-zelfredzaam. Om maatregelen te kunnen aanwijzen die de zelfredzaamheid van mensen in gebouwen bevorderen, vormt het gedrag van mensen met een permanente beperking niet per definitie de juiste basis. Immers, een gebouwbezetting van een gebouw bestaat doorgaans uit mensen zonder permanente beperking met soms enkelen met een permanente beperking. Alleen in gebouwen met een bijzondere gebruiksfunctie, zoals in zorggebouwen en gevangenissen, zijn relatief veel niet-zelfredzame personen aanwezig. Bij de literatuurscan is daarom geen speciale zoektocht uitgevoerd naar literatuur over het vluchtgedrag van mensen met beperkingen.

door een rookgeur. De geurconcentratie ter plaatse van het kussen was na 1 minuut ongeveer 1 PPM en na 10 minuten ongeveer 6 PPM. Na het ontstaan van de eerste geursignalen duurde het 45 tot 205 seconden voordat de slapende personen wakker werden, met een gemiddelde van 101 seconden [SFPE, 2002].

Uit een experiment onder 33 volwassenen met een leeftijd van 25 tot 55 jaar (gemiddeld 43 jaar) bleek 90% van de testpersonen te ontwaken door een knetterend geluid (als bij brand) en 83% ontwaakte door een schuivend geluid (als bij brand). Het geluidsniveau ter plaatse van het kussen was tussen 42 en 48 dBA. Van de personen die door het geluid ontwaakten, deed 83% dat binnen 30 seconden. Bij testen met lichtsignalen (als bij brand) werd gebruikgemaakt van een lichtbron met een intensiteit van 1 tot 5 lux. Uit de test bleek 49% van de personen te ontwaken door lichtsignalen. Van deze personen deed de helft dat binnen 30 seconden [SFPE, 2002].

Verder zal de opmerkzaamheid negatief beïnvloed worden wanneer mensen alcohol, drugs of medicijnen hebben ingenomen. Uit incidentevaluaties blijkt dat de mate van fataliteit hoger is wanneer er sprake is van gebruik van alcohol en narcotica.

Gevaarsperceptie

Wanneer een brand als extreem gevaarlijk wordt gezien, zijn de aanwezigen eerder geneigd te vluchten [Tong & Canter, 1985].

Fysieke positie

Mensen die liggen of zitten en daarom eerst moeten opstaan, zullen minder snel geneigd zijn een ruimte te verlaten dan mensen die al staan of lopen [Sandberg, 1997].

Bekendheid

Mensen nemen doorgaans de route waarmee zij bekend zijn [Sandberg, 1997]. Lange tijd is de bekendheid van de aanwezigen met het gebouw gezien als de belangrijkste factor in het vluchtproces [Gwynne e.a., 2001]. De bekendheid met het gebouw wordt beïnvloed door persoonlijke ervaringen en door externe factoren, zoals routeaanduiding en de begeleiding door andere aanwezigen en de bedrijfshulpverleningsorganisatie. Persoonlijke ervaringen kunnen ervoor zorgen dat de persoon erg bekend is met het gebouw, maar kunnen ook leiden tot selectieve kennis van het gebouw, waardoor alternatieve vluchtroutes genegeerd worden. Verder kan bekendheid met het gebouw ertoe leiden dat mensen pas erg laat beginnen te vluchten. Bryan en Wood [Tong & Canter, 1985] concluderen bijvoorbeeld dat mensen die weten dat er een vluchtroute aanwezig is, eerder geneigd zijn te blijven in plaats van te vluchten. De verklaring hiervoor is dat mensen die bekend zijn met de lay-out van het gebouw

zich minder bedreigd voelen door de brand. Verder heeft Wood geconstateerd dat mensen wanneer zij bekend zijn met de omgeving, zoals in woningen, eerder geneigd zijn door rook te lopen dan wanneer zij niet bekend zijn met de lay-out van het gebouw [Frantzich, 1994]

De invloed van situatiekenmerken

In tabel 6.2 zijn de situatiekenmerken en de invloed op het gedrag bij brand samengevat.

Tabel 6.2 Situatiekenmerken die van invloed zijn op het gedrag bij brand

| Situatiekenmerk | Invloed op ... |
|---|--|
| Opmerkzaamheid (wakend of slapend, alcohol consumptie, gebruik van medicijnen of drugs) | vermogen tot ontdekken van brand, reactietijd, gedrag bij brand, vluchtsituatie |
| Gevaarsperceptie | vluchtgedrag. Wanneer een brand als extreem gevaarlijk wordt gezien, zijn de aanwezigen eerder geneigd te vluchten |
| Fysieke positie (liggen, zitten, staan of lopen) | besluitvorming tot en snelheid van verlaten van een ruimte |
| Bekendheid met gebouw | gevaarsperceptie, besluitvorming bij rook, wayfinding, BHV-afhankelijkheid, routekeuze |

6.5 SOCIALE KENMERKEN: INTERACTIE TUSSEN MENSEN

In deze paragraaf wordt ingegaan op de sociale kenmerken uit de interactie tussen mensen onderling.

Het gedrag van mensen wordt grotendeels bepaald door de navolging van (sociale) normen en regels. In de psychologie wordt dit gedrag verklaard in de *Compliance Theory* [Silleme, 2005]. Ook in noodsituaties zullen mensen blijven vasthouden aan de sociale normen en regels.⁸¹ Allereerst zijn de autoriteit en de geloofwaardigheid van de ‘regelgever’ van belang. Een aanwijzing wordt sneller opgevolgd als deze gegeven wordt door iemand met veel autoriteit (of door iemand die eruit ziet alsof hij/zij veel autoriteit heeft) of door iemand die geloofwaardig overkomt. Ook vriendschap of familiebanden kunnen hierbij een rol spelen. Een andere factor betreft de kennis van de regels. Weten mensen bijvoorbeeld dat zij het gebouw zo snel mogelijk dienen te verlaten als het alarm afgaat? Als mensen zich betrokken voelen bij regelgeving, zullen zij eerder gevolg geven aan aanwijzingen die in overeenstemming zijn met die regels. Daarnaast zullen mensen hun gedrag laten beïnvloeden door sociale validatie. Wat doen andere mensen? Wat denken mensen dat anderen zullen

81. Zie tekstkader ‘friendly fire syndrome en rolverwachtingen’ in hoofdstuk 6.1.

doen? Daarnaast is de mate van voorbereiding op onverwachte gebeurtenissen van belang. Verder is het afhankelijk van de cultuur hoe er wordt gereageerd op bijvoorbeeld aanwijzingen van autoriteiten en hoe men staat tegenover de opvolging van alarmsignalen [Sillem, 2005].

In het algemeen zijn mensen in geval van brand rationeel en nemen zij beslissingen op basis van de op dat moment beschikbare informatie [Proulx, 2007]. Gedurende het incident gedragen mensen zich relatief kalm en beheerst. Recente studies naar de ontvluchting uit hoge kantoorgebouwen (waaronder de evaluatie van de WTC-ramp van 9/11) hebben bijvoorbeeld aangetoond dat mensen tijdens een ontvluchting niet rennend vluchten en dat er ook geen sprake is van groot tumult. Het trauma komt pas na de gebeurtenis, wanneer men terugdenkt aan wat er allemaal had kunnen misgaan en wat men anders had kunnen doen [Proulx, 2007].

In de literatuur worden een aantal sociale kenmerken genoemd die het gedrag van mensen bij brand beïnvloeden. De belangrijkste sociale kenmerken zijn het groepsgedrag en sociale banden, de taakcommitment, de rol en verantwoordelijkheid van de aanwezigen en de bedrijfshulpverlening. Deze kenmerken zijn hieronder nader uiteengezet.

Groepsgedrag en sociale banden

Uit incidentevaluaties is naar voren gekomen dat mensen in noodsituaties de neiging hebben om samen te werken aan de ontwikkeling van een ontvluchtingsstrategie die gericht is op de redding van allen, in plaats van op individuele basis te handelen [Cornwell, 2003; SFPE, 2002; Purser & Bensilum, 2001; Proulx, 2007; Galea e.a., 2007b]. Mensen gedragen zich tijdens een ontvluchting over het algemeen altruïstisch [Proulx, 2007]. Gewonden en mensen met beperkingen worden geholpen en hevig geëmotioneerde mensen worden ondersteund door kleine gesprekken en kalmerende opmerkingen als 'We zullen het redden', 'We zijn er bijna', et cetera.

Ook kijken mensen doorgaans eerst naar de acties van anderen en reageren zij dan zoals de mensen in hun directe omgeving reageren. Zodra één persoon besluit te vluchten, zullen de mensen in de omgeving dit ook doen, waardoor de personen zich als groep gaan verplaatsen [Cornwell, 2003; SFPE, 2002; Purser & Bensilum, 2001; Galea e.a., 2007b].

Ongeveer 90% van 250 geïnterviewde overlevenden van de WTC-ramp van 9/11 (New York, 2001) geeft aan dat mensen in de eerste fase van de ontvluchting (besluitvormingsperiode) groepen vormden [Galea e.a., 2007b]. Slechts 10% is op eigen initiatief met de werkelijke verplaatsing begonnen.

Meerdere onderzoekers hebben theorieën gevormd over de invloed van groepsvorming op het vluchtgedrag en de kans op overlijden tijdens of na de ontvluchting [Cornwell, 2003]. Aguirre, Wenger en Vigo (1998) stellen dat mensen die in een grotere groep vluchten meer tijd nodig hebben, aangezien het meer tijd kost om zich te organiseren. Sime (1995) en Feinberg en Johnson (2001) stellen dat een toename van de groepsomvang een direct negatief effect heeft op de overlevingskans [Cornwell, 2003].

Feinberg en Johnson (2001) [Cornwell, 2003] hebben de gegevens van 305 groepen vluchtende personen onderzocht. In bijlage 1, in tabel B4 zijn de gegevens in tabelvorm weergegeven. Uit het onderzoek blijkt dat mensen die in groepen van twee en drie personen vluchten de grootste kans op overleven hebben. In totaal heeft namelijk 87,3%, respectievelijk 87,7%, de brand overleefd. In totaal kwamen er 265 groepen van twee à drie personen voor. Personen die in groepen van zeven à acht personen vluchten, hebben een kleinere kans de brand te overleven. In totaal heeft namelijk 68,4% de brand niet overleefd. Daarentegen zijn groepen van zeven à acht personen slechts vijf keer voorgekomen.

Groepen van twee personen kwamen in de studie het meest voor (N=256). In deze groepen zijn ook, absoluut gezien, de meeste doden gevallen (N=70). Relatief gezien is dit 13,7% van het aantal groepsleden dat paarsgewijs is gevlucht. In 211 gevallen hebben beide groepsleden de ontvluchting overleefd, in 20 gevallen heeft slechts één persoon de ontvluchting succesvol afgerond en bij 25 paren heeft niemand de ontvluchting overleefd. Er was één groep die bestond uit tien personen en deze hebben allemaal de brand overleefd.⁸² Er waren drie groepen met een omvang van acht personen en twee groepen met een omvang van zeven personen. Van de totaal 38 personen hebben twaalf personen (31,6%) de ontvluchting niet overleefd. In één groep van zeven personen konden namelijk vijf personen zich niet in veiligheid brengen en in één groep van acht personen overleefden zeven personen de brand niet. Er waren tien groepen met een omvang van zes personen. Van deze zestig personen hebben tien personen (16,7%) uit totaal drie groepen de brand niet overleefd. Er waren acht groepen met vijf personen en vijftien groepen met een omvang van vier personen. In de groepen met vier personen heeft 25% (N=15) de brand niet overleefd. Deze dodelijke slachtoffers vielen in zes groepen, bij de overige negen groepen heeft iedereen de brand overleefd. Er waren tien groepen met drie personen, hiervan heeft 13,3% (N=4) de brand niet overleefd. Bij acht groepen met drie personen heeft iedereen de brand overleefd [Cornwell, 2003].

82. Omdat deze groep van tien personen de brand heeft overleefd, is in deze studie de correlatie met groeps grootte niet significant. Men spreekt van een significante uitkomst als deze uitkomst in sterke mate de veronderstelling ondersteunt dat het verschil niet door toeval is ontstaan, maar door iets anders. Als de groep de brand niet had overleefd, waren de resultaten uit de overige groepen wel significant geweest.

Verder stellen onderzoekers het als zeer onwaarschijnlijk dat personen de groep zullen verlaten wanneer zij worden geconfronteerd met de directe mogelijkheid van verwonding of insluiting [Cornwell, 2003]. In dergelijke situaties zullen groepsleden daarentegen eerder geneigd zijn elkaar te helpen, in het bijzonder degenen met wie zij een sterke sociale band hebben.

Uit de evaluatie van de WTC-ramp van 9/11 (New York, 2001) bleek dat de omvang van de groep tijdens de ontvluchting varieerde. Splitsing van de groep was doorgaans het gevolg van een weloverwogen actie van een van de groepsleden. Omgevingscondities, zoals rookontwikkeling, waren zelden de reden voor splitsing van de groep [Galea e.a., 2007b].

Uit de evaluatie van de brand in de Beverly Hills Supper Club (Southgate, Kentucky, 1977) is bijvoorbeeld gebleken dat dodelijke slachtoffers die in de Cabaret Room waren aangetroffen onderlinge sociale banden hadden [Cornwell, 2003].

Bij de brand in het MGM Grand Hotel (Las Vegas, 1980) heeft de brandweer dodelijke slachtoffers aangetroffen die elkaar bij de hand vasthielden. Later bleken dit familieleden te zijn [Bryan, 1992].

Mensen die in groepsverband in een gebouw aanwezig zijn, bijvoorbeeld met familie of vrienden, zullen zo lang mogelijk proberen als groep te handelen [Sandberg, 1997]. Wanneer bijvoorbeeld ouders en kinderen zich op het moment van de brand niet in dezelfde ruimte bevinden, zullen ouders eerst proberen hun kind te vinden. Ook zullen groepsleden elkaar eerder informeren over de kennis van de gevaarssituatie. Dit leidt echter niet per definitie tot een hoge mate van zelfredzaamheid. Incidenten zoals de brand in het MGM Grand Hotel (Las Vegas, 1980) en in de Beverly Hills Supper Club (Southgate, Kentucky, 1977) tonen aan dat het effect van een onderlinge sociale relatie negatief kan zijn.

Taakcommitment

Wanneer mensen geconcentreerd bezig zijn, zullen zij minder snel gevaar opmerken [Sandberg, 1997]. Verder zijn mensen geneigd eerst de activiteit waarmee zij bezig zijn af te ronden, voordat zij de ontvluchting starten. Zo zijn er voorbeelden bekend van branden waarbij mensen zich binnen het visuele bereik van de brandhaard bevonden en toch doorgingen met de activiteiten waarmee zij bezig waren [Graham & Roberts, 2000]. Dit komt volgens Graham en Roberts niet overeen met de aannames dat er bij het zien van brand sprake is van gevaarsperceptie en dat mensen die zich in het visuele bereik van een brand bevinden eerder zullen vluchten.

Rol en verantwoordelijkheid

In onbekende situaties vallen aanwezigen veelal terug op het gebouwpersoneel dat (mogelijk) wel bekend is met het gebouw [Sandberg, 1997]. Personen die vanwege hun rol of functie verantwoordelijk zijn voor de organisatie in een gebouw, zoals serveersters, receptionisten en afdelingsmanagers, zullen geneigd zijn deze verantwoordelijkheid ook tijdens noodsituaties op zich te nemen. Uit incidentevaluaties komt verder naar voren dat mensen instructies van mensen met autoriteit volgen als de instructies overeenkomen met hun eigen beoordeling van de situatie [Proulx, 2007].

Uit gegevens van 250 geïnterviewde overlevenden van de WTC-ramp van 9/11 (New York, 2001) blijkt dat 90% van de personen in groepen is gevlucht. De meeste groepen werden geleid door de afdelingsmanager. Dit geeft de indruk dat mensen die in normale situaties een leidinggevende positie hebben, ook gedurende een noodsituatie de leiding op zich nemen [Galea e.a., 2007b].

Op 22 mei 1967 brak in de vroege namiddag brand uit in het Brusselse warenhuis Innovation [Van der Meeren & Moelants, 2007]. Bij de brand zijn 323 mensen omgekomen en ongeveer 150 mensen gewond geraakt. Een leidinggevende verkoopster heeft op relatief rustige wijze de straat kunnen bereiken. Dit deed zij samen met het grootste deel van de klanten van de onderste verdiepingen. Veertig jaar later vertelt zij vol energie over haar kordate actie [Canvas, 2007]:

'Ik kwam uit mijn bureau en zag dat de afdeling Peignoirs in brand stond. Ik zei: "Maak de strandhokjes leeg." Want we hadden prachtige strandhokjes opgesteld. Die zijn helaas verbrand. Ik zei: "Haal de klanten eruit en volg me." Het personeel zei: "En de kassa's?" Ik zei: "Laat liggen, daar zijn ze voor verzekerd." En iedereen is me gevolgd naar de benedenverdieping, waar de prikklokken en de vestiaires waren.'

Feinberg en Johnson (1999) concluderen uit een onderzoek naar een brand in een nachtclub dat er bij de dodelijke slachtoffers geen noemenswaardig verschil was in de verdeling van het aandeel gasten en personeel. Volgens Graham en Roberts sluit dit niet aan bij de aanname dat mensen die bekend zijn met het gebouw een geschikte vluchtroute weten [Graham & Roberts, 2000]. Mogelijk speelden in de door Feinberg en Johnson onderzochte brand ook andere motieven een rol, zoals het begeleiden van de ontvluchting door het personeel, waardoor de gasten eerder konden vluchten dan het personeel. Overigens wordt de aanname dat mensen die bekend zijn met het gebouw een geschikte vluchtroute weten wel bevestigd in de volgende incidentverslagen.

Tijdens een brand in het drie verdiepingen tellende warenhuis Woolworth (Manchester, 1979) bleek dat 71% van het winkelend publiek via het trappenhuis vluchtte dat normaal gesproken gebruikt werd om het restaurant op de derde verdieping te bereiken. Het noodtrappenhuis aan de andere zijde van het gebouw werd door het winkelend publiek niet gebruikt. 41% van het personeel maakte echter wel gebruik van het noodtrappenhuis [Benthorn & Frantzich, 1996].

Uit de evaluatie van een brand in uitgaanscentrum Summerland (Isle of Man, 1973) blijkt dat 51% van de dodelijke slachtoffers (37 gasten en één personeelslid) bij de hoofdingang is aangetroffen. De overige 49% (23 gasten en 14 personeelsleden) is bij de nooduitgang aangetroffen, [Johnson, 2005]. Deze nooduitgang werd in normale situaties ook door het personeel gebruikt als uitgang, de gasten waren daarentegen niet bekend met deze uitgang.

Beide incidenten lijken aan te tonen dat training van het personeel in de begeleiding van de ontvluchting een positieve invloed zal hebben op het gebruik van nooduitgangen.

Bedrijfshulpverlening

Er is geconstateerd dat wanneer personeel getraind is in het omgaan met brandsituaties, dit een positief effect heeft op de reactietijd van alle aanwezigen [Sandberg, 1997]. Verder kan uit de brand in Summerland (Isle of Man, 1973) worden opgemaakt dat een goede training van de bedrijfshulpverleningsorganisatie waarschijnlijk een positieve invloed heeft op het gebruikmaken van een nooduitgang [Johnson, 2005].

Verschillende experimenten en incidentevaluaties tonen aan dat het gedrag van het personeel van invloed is op het gedrag van de overige aanwezigen in een gebouw.

Uit incidentevaluaties is gebleken dat sociale factoren bepalend zijn voor de besluitvorming voordat een ontvluchting wordt opgestart. Met name de acties van het gebouwpersoneel in geval van een calamiteit blijken het gedrag van het publiek te beïnvloeden [Sime, 1991].

Uit experimenten door Sime (1995) en Sandberg (1997) is gebleken dat mensen de neiging hebben om de uitgang te gebruiken waarmee zij bekend zijn, in plaats van de dichtstbijzijnde, tenzij personeel opdracht geeft een andere specifieke uitgang te gebruiken [Sandberg, 1997; Graham & Roberts, 2000].

Uit experimenten is gebleken dat de reactietijd verkort wordt wanneer (herkenbaar) personeel de overige aanwezigen in het gebouw aanspoort om te starten met de ontvluchting [Sandberg, 1997]. Diverse onderzoekers, waaronder Purser, Bensi-

lum, Shields, Proulx en Sime, hebben bovendien aangetoond dat de training van bedrijfshulpverleners (in een winkel en in een kantoor) een positieve invloed heeft op de reactiesnelheid [Fahy & Proulx, 2001; Purser & Bensilum, 2001].

Uit experimenten in kantoorgebouwen en winkels blijkt dat de opleiding en training van bedrijfshulpverleners een belangrijke invloed heeft op de reactietijd [Fahy en Proulx, 2001]. Zo is bij de kantoorgebouwen in geval van een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie de reactietijd ongeveer tienmaal sneller. Bij onaangekondigde oefeningen in winkels met een goed getrainde organisatie blijkt de reactietijd vergelijkbaar met de reactietijd in kantoorgebouwen bij een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie.

Met behulp van ontvluchtingsstrategieën en procedures kan informatie aan aanwezigen worden gegeven over de noodsituatie. Deze aanvullende informatie blijkt in hoge mate relevant te zijn voor het vluchtgedrag van de aanwezigen in een gebouw [Proulx & Richardson, 2002; SFPE, 2002; O'Connor, 2005].

Alarmering met een gesproken bericht, ofwel via een communicatiesysteem ofwel via personeel, wordt door aanwezigen in een gebouw het meest serieus genomen [Proulx & Richardson, 2002; SFPE, 2002]. Om alarmering met een gesproken bericht mogelijk te maken moet het personeel dat de alarmering uitvoert goed getraind zijn. Bovendien moet het personeel weten welke informatie doorgegeven moet worden [Proulx & Richardson, 2002].

Uit de analyse van de meest fatale branden in Nederland⁸³ blijkt dat in veel gevallen geen of een slecht functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie aanwezig was. Zo bleek de opvolging van de brandmelding door de bedrijfshulpverleningsorganisatie niet altijd succesvol te zijn.

Bij de Cafébrand (2001) zijn de eerste bluspogingen mislukt, bij de brand in het cellencomplex op Schiphol (2005) bleef de deur van de brandruimte openstaan, waardoor een snelle rook- en branduitbreiding mogelijk werd, en in een psychiatrische inrichting (1982) werd de aanwezige handbrandmelder pas zes minuten na het ontdekken van de brand ingedrukt, waardoor pas laat extra personeel ter plaatse was om te assisteren bij de ontvluchting door de verstandelijk gehandicapte kinderen.

Verder blijkt uit de analyse van de meest fatale branden in Nederland dat de ontvluchting door niet-mobiele mensen, met name in bijzondere woongebouwen, zo moeizaam verloopt dat veel personeel en hulp van omstanders nodig

83. Zie hoofdstuk 7.1.1.

zijn om een snelle ontvluchting door alle aanwezige individuen mogelijk te maken. Dit legt een grote verantwoordelijkheid bij de bedrijfshulpverleningsorganisatie in gebouwen waarin niet-mobiele mensen verblijven. De verantwoordelijkheid ligt met name op het gebied van een goede training voorafgaand aan en een goede organisatie tijdens de bedrijfshulpverlening.

De invloed van sociale kenmerken

In tabel 6.3 zijn de sociale kenmerken en de invloed op het gedrag bij brand samengevat.

Tabel 6.3 Sociale kenmerken die van invloed zijn op het gedrag bij brand

| Sociale kenmerk | Invloed op... |
|--|--|
| Groepsgedrag en sociale relatie met andere aanwezigen | gedrag bij brand, vluchtsituatie, vermogen tot verplaatsing naar een veilige omgeving |
| Taakcommitment (actie- of doelgerichtheid) | reactietijd, besluitvorming tot ontvluchting |
| Relatie met het gebouw (rol en verantwoordelijkheid van persoon) | besluitvorming bij rook; benodigde tijd voor informatieverzameling; bekendheid met gebouw, afhankelijkheid van bedrijfshulpverlening |
| Bedrijfshulpverlening | reactietijd, besluitvorming tot ontvluchting. Personeel dat getraind is in het omgaan met brandsituaties, heeft een positief effect op de reactietijd van alle aanwezigen [Sandberg, 1997; Fahy en Proulx, 2001] |
| Handhaving van bouwtechnische aspecten | reactietijd, mogelijkheid van ontvluchting |

6.6 SAMENVATTING EN BESCHOUWING: DE MENSELIJKE FACTOR

Samenvatting

Bij de bewustwording van gevaar spelen signalen en aanwijzingen een belangrijke rol. Er zijn echter sterke aanwijzingen dat mensen over het algemeen een laag niveau van bewustwording in relatie tot gevaar hebben. De aanwezigheid en dichtheid van rook zijn direct gerelateerd aan de gevaarsperceptie. Mensen lijken echter moeite te hebben de gevaarssignalen op hun juiste waarde te schatten. Verder blijkt uit diverse evaluaties dat mensen bij onverwachte gebeurtenissen in eerste instantie vasthouden aan de rolverwachtingen die passen bij de functie van het gebouw waarin zij zich bevinden, en de signalen en aanwijzingen van gevaar negeren.

Om een brand te kunnen overleven zijn drie strategieën te onderkennen. De eerste strategie bestaat uit vechten, ofwel het bestrijden van de brand. Als hierbij adequaat wordt opgetreden, bestaat de mogelijkheid de brand te blussen of in omvang te beperken. Uit studies in Groot-Brittannië en Australië blijkt dat driekwart van de woningbranden door de mensen zelf geblust wordt. Over blusacties in andere typen gebouwen is weinig bekend.

De tweede strategie bestaat uit schuilen en wachten op redding door anderen. Diverse branden hebben echter aangetoond dat mensen doorgaans eerder geneigd zijn door rook te lopen, of naar beneden te springen⁸⁴, dan te wachten op redding. Antwoord op de vraag *waarom* mensen door rook lopen, hoewel zij mogelijk weten dat dit gevaarlijk is, of een andere overlevingsstrategie kiezen dan op een veilige plaats wachten op redding, is in de geraadpleegde literatuur niet gevonden.

De derde strategie bestaat uit vluchten. De aspecten van vluchten bij brand zijn het meest onderzocht en in de literatuur besproken. Het vluchtproces kenmerkt zich door drie bepalende fasen waarin basisactiviteiten worden uitgevoerd:

- bewustwording van gevaar door externe stimuli;
- validatie van en reactie op gevaarssignalen;
- verplaatsing naar een veilige omgeving.

Het besluitvormingsproces van de in een gebouw aanwezige personen in de periode voor en tijdens een ontvluchting wordt bepaald door de persoonlijke gedragsreactie op:

- het gedrag van andere personen in de directe omgeving (sociale factoren);
- het gebouwwontwerp;
- de omgevingscondities als gevolg van een incident (omgevingsfactoren).

De persoonlijke gedragsreactie kan op verschillende niveaus plaatsvinden, namelijk psychologisch, sociologisch en fysiek niveau.

Het vluchtproces is afhankelijk van de interactie tussen:

- het gebouwwontwerp, dat invloed heeft op de routekeuze, doorstroomsnelheden en dergelijke;
- de omgevingscondities als gevolg van een incident, zoals rook in de vluchtroute;
- procedurele aspecten, zoals gericht op bedrijfshulpverlening, ontruimingsoefeningen, bekendheid met looproutes;
- het menselijk gedrag bij incidenten en de ontvluchting.

De gedragsaspecten met betrekking tot ontvluchting zijn afhankelijk van persoonlijke omstandigheden (van jong/fit, alert naar bedlegerig, verward) en het gebouwwontwerp (van eenvoudig naar complex). Bij het stellen van criteria voor aanvullende maatregelen is niet alleen de complexiteit van infrastructuur

84. Het is niet duidelijk waarom mensen bij brand uit gebouwen springen. Mogelijk is het een bewuste keuze en kiezen mensen liever voor de optie om te overlijden door de eigen keuze om te springen dan uiteindelijk door verstikking of verbranding te overlijden.

(bijvoorbeeld een gebouw) van belang, maar ook het aantal aanwezigen in de infrastructuur.

Om de risico's van zelfredzaamheid te kunnen bepalen zijn twee aandachtspunten van belang:

- de mobiliteit;
- het aantal aanwezigen.

Vooraf de persoonskenmerken stressniveau, mobiliteit, conditie en het waarnemingsvermogen zijn van invloed op het gedrag bij brand, en in het bijzonder op de vluchttijd. Uit incidentevaluaties is gebleken dat meerdere mensen, gewoonlijk aangemerkt als 'gemiddeld mobiel', problemen hebben met het afdalen van trappen. Ook blijkt uit fatale branden dat vluchtdeuren niet altijd te gebruiken zijn, bijvoorbeeld omdat de gang vol rook staat of omdat de deur op slot zit, waardoor mensen ingesloten en daardoor immobiel raken.

Andere persoonskenmerken, waarvan de invloed niet geheel duidelijk is, zijn: geslacht, leeftijd, volger/leiderschap, kennis en ervaring, geloof in eigen kunnen en beroep. Het geloof in eigen kunnen beïnvloedt de keuzes die mensen maken, de moeite die ergens voor wordt gedaan, hoe lang in de actie wordt volhard als mensen obstakels tegenkomen (en er wordt gefaald) en hoe mensen zich voelen. Hoewel de theorie niet is getest op noodsituaties, is het geloof in eigen kunnen mogelijk ook van invloed op de beslissingen die mensen nemen in noodsituaties. De parallel met ontvluchting uit een noodsituatie is evident.

Persoonsgebonden situatiekenmerken die van invloed zijn op de zelfredzaamheid betreffen vooral: de opmerkzaamheid, de gevaarsperceptie, de fysieke positie en de bekendheid met het gebouw. De belangrijkste indicator voor opmerkzaamheid is het feit of mensen slapen of wakker zijn. Slappende mensen hebben een bijzonder laag niveau van opmerkzaamheid over wat er in de directe omgeving gebeurt. Verder nemen mensen doorgaans de route waarmee zij bekend zijn.

De belangrijkste sociale kenmerken in relatie tot ontvluchting zijn: het groepsgedrag en sociale banden, de taakcommitment, de rol en verantwoordelijkheid van de aanwezigen, veiligheidstraining en bedrijfshulpverlening. Mensen gedragen zich tijdens een ontvluchting over het algemeen altruïstisch. Ook kijken mensen doorgaans eerst naar de acties van anderen en reageren zij dan zoals de mensen in hun directe omgeving reageren. In onbekende situaties vallen aanwezigen veelal terug op het gebouw personeel dat (mogelijk) wel bekend is met het gebouw. Uit incidentevaluaties komt verder naar voren dat mensen instructies van mensen met autoriteit volgen als deze instructies over-

eenkomen met hun eigen beoordeling van de situatie. Verder zijn voorbeelden bekend van branden waarbij mensen zich binnen het visuele bereik van de brandhaard bevonden en toch doorgingen met de activiteiten waarmee zij bezig waren.

Verschillende experimenten en incidentevaluaties tonen aan dat het gedrag van goed getraind personeel van positieve invloed is op het gedrag van de overige aanwezigen in een gebouw. Met behulp van ontvluchtingstrategieën en procedures kan informatie aan aanwezigen worden gegeven over de nood-situatie. Deze aanvullende informatie blijkt in hoge mate relevant te zijn voor het vluchtgedrag van de aanwezigen in een gebouw. Uit de analyse van de meest fatale branden in Nederland blijkt dat in veel gevallen geen of een slecht functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie aanwezig was. Uit de gegevens van de reactietijden in kantoorgebouwen en winkels blijkt dat bij het optreden van een goed opgeleide en getrainde bedrijfshulpverleningsorganisatie de reactietijd tienmaal sneller is.

Beschouwing over beleid

Er zijn aanwijzingen dat het adequaat optreden van gebouwpersoneel van grote invloed is op het overleven van een brand. Daarom is meer aandacht nodig voor de opleiding en training van bedrijfshulpverlening. Het optreden van gebouwpersoneel moet afgestemd worden op het feitelijke gedrag van aanwezigen in gebouwen. Uit de literatuurstudie is nieuwe informatie over het feitelijke gedrag bij brand naar voren gekomen. Dit impliceert dat een grondige evaluatie van de doeltreffendheid van de huidige bedrijfshulpverleningsopleidingen en -trainingen noodzakelijk is. Ook de mogelijkheden van innovatieve wijzen van training kunnen onderzocht worden. Zo biedt de toepassing van *serious gaming*, zoals met behulp van het virtuele platform ADMS™-BART, nieuwe mogelijkheden om de training te laten aansluiten bij het werkelijke gedrag van mensen bij brand. Het door het NIFV ontwikkelde *Behavioural Assessment and Research Tool* (BART) in de virtuele omgeving van de *Advanced Disaster Management Simulator* (ADMS) is een instrument voor gedragsonderzoek dat gebruikmaakt van *serious gaming*. ADMS™-BART biedt mogelijk het geschikte instrument om gedragsonderzoek uit te voeren naar intenties, motieven en keuzes in geval van het vluchten bij brand. Daarnaast zou het instrument gebruikt kunnen worden bij de opleiding en training van bedrijfshulpverleners.

Deskundige bijstand op het gebied van bedrijfshulpverlening kent zijn grondslag in de Richtlijn nr. 89/391/EEG [SZW, 2007] en is geregeld in de Arbeidsomstandighedenwet 2007. In het onderstaande tekstvak zijn de belangrijkste wetsartikelen over bedrijfshulpverlening weergegeven.

Fragmenten uit Arbeidsomstandighedenwet 2007 [SZW, 2007]**Arbobeleid – Artikel 3**

1. De werkgever zorgt voor de veiligheid en de gezondheid van de werknemers inzake alle met de arbeid verbonden aspecten en voert daartoe een beleid dat is gericht op zo goed mogelijke arbeidsomstandigheden, waarbij hij, gelet op de stand van de wetenschap en professionele dienstverlening, het volgende in acht neemt:
(...)
- e. doeltreffende maatregelen worden getroffen op het gebied van de eerste hulp bij ongevallen, de brandbestrijding en de evacuatie van werknemers en *andere aanwezige personen*, en doeltreffende verbindingen worden onderhouden met de desbetreffende externe hulpverleningsorganisaties
- f. elke werknemer moet bij ernstig en onmiddellijk gevaar voor zijn eigen veiligheid of die van anderen, rekening houdend met zijn technische kennis en middelen, de nodige passende maatregelen kunnen nemen om de gevolgen van een dergelijk gevaar te voorkomen (...).

Deskundige bijstand op het gebied van bedrijfshulpverlening – Artikel 15

1. De werkgever laat zich ten aanzien van de naleving van zijn verplichtingen op grond van artikel 3, eerste lid, onder e, van deze wet bijstaan door een of meer werknemers die door hem zijn aangewezen als bedrijfshulpverleners.
2. Het verlenen van de bijstand houdt in elk geval in:
 - a. het verlenen van eerste hulp bij ongevallen
 - b. het beperken en het bestrijden van brand en het beperken van de gevolgen van ongevallen
 - c. het in noodsituaties alarmeren en evacueren van alle werknemers en *andere personen* in het bedrijf of de inrichting.
3. De bedrijfshulpverleners beschikken over een zodanige opleiding en uitrusting, zijn zodanig in aantal en zodanig georganiseerd dat zij de in het tweede lid genoemde taken naar behoren kunnen vervullen.

Per 1 januari 2007 zijn een aantal wijzigingen doorgevoerd in de eisen voor bedrijfshulpverlening [SZW, 2007]. Zo is de verplichting tot 'het voorkomen en beperken van ongevallen' gewijzigd in 'het beperken van de gevolgen van ongevallen', waarbij het voorkomen van ongevallen als taak van de bedrijfshulpverleners is geschrapt. Ook is de taak voor de bedrijfshulpverleners om hulpverleningsorganisaties te alarmeren en daarmee samen te werken, komen te vervallen. In artikel 8, eerste lid, van Richtlijn nr. 89/391/EEG wordt het onderhouden van de nodige verbindingen met diensten van buitenaf namelijk geformuleerd als een verplichting voor de werkgever. Het is de verantwoordelijkheid van de werkgever om te bepalen wie hij met deze taak belast. Richtlijn nr. 89/391/EEG schrijft voor dat de werknemers een opleiding moeten krijgen,

talrijk genoeg moeten zijn en over geschikt materiaal moeten beschikken. De ervaringseis is daarbij geschrapt, omdat het voor zich spreekt dat het opleidingsniveau op peil moet worden gehouden.

Fragmenten uit Arbeidsomstandighedenwet 2007 [SZW, 2007]

Toelichting – Artikel 15

De werkgever moet maatregelen nemen om te zorgen dat crisissituaties bij ernstig en onmiddellijk gevaar op een goede manier worden beheerst [SZW, 2007]. De werkgever moet deze maatregelen afstemmen op de aard en de grootte van de activiteiten van zijn bedrijf. Bij het nemen van maatregelen zal de werkgever rekening moeten houden met de normaliter in het bedrijf of instelling aanwezige werknemers. Zo vragen mensen met verstandelijke of fysieke beperkingen een andere inzet van de bedrijfshulpverlening dan een groep doorsnee werknemers zonder beperkingen. Om de maatregelen uit te voeren moet de werkgever zich laten bijstaan door een of meer werknemers, de bedrijfshulpverleners. Bedrijfshulpverleners moeten zijn opgeleid voor hun taken op het terrein van eerste hulp, brandbestrijding en evacuatie van personen. Bovendien moeten ze kunnen beschikken over het nodige materieel om hulpverlenende taken uit te kunnen voeren. Het juiste voorzieningenniveau en het aantal bedrijfshulpverleners zal moeten worden bepaald op basis van de RI&E. Er zullen voldoende bedrijfshulpverleners aangewezen en opgeleid moeten worden zodat, rekening houdend met ziekte, vakanties of ploegendiensten op elk moment voldoende hulpverleners binnen het bedrijf aanwezig zijn [SZW, 2007].

Een belangrijk uitgangspunt bij de invoering van de nieuwe Arbeidsomstandighedenwet 2007 is dat de werkgever zelf meer ruimte krijgt, en moet nemen, voor de invulling van de organisatie van de bedrijfshulpverlening. De risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) die elk bedrijf moet hebben, is daarbij het primaire uitgangspunt. Vrijwilligersorganisaties zonder personeel in loondienst zijn ontlast van de plicht om een RI&E te maken en ook de bepalingen over de bedrijfshulpverlening zijn vervallen, behalve waar het gaat om het werken met gevaarlijke stoffen.

Met de invoering van de Arbeidsomstandighedenwet 2007 zijn de omvang en organisatie van de bedrijfshulpverleningsorganisatie afgestemd op de aanwezige risico's in het betreffende bedrijfsgebouw. Bovendien is het aantal bedrijfshulpverleners niet meer afgestemd op het aantal werknemers alleen, maar, zo blijkt uit artikel 15, lid 2 onder c, ook op het aantal 'andere personen' in het bedrijf of de inrichting. Hiermee zal de bedrijfshulpverlening moeten zijn afgestemd op onder andere de bezettingsdichtheid en de te verwachten hulpbehoefte van de aanwezigen in het gebouw. In de toelichting op het gestelde in artikel 15 wordt overigens alleen gerept over werknemers en niet

over de hulpbehoevendheid van andere personen. Maar gezien het nieuwe uitgangspunt van doelvoorschriften en het gestelde in artikel 3, lid 1 onder e, en in artikel 15, lid 2 onder c, mag worden verondersteld dat de zorgplicht van werkgevers, zoals horeca-ondernemers, ook is gericht op de bezoekers in het bedrijf of de inrichting.

Omdat vrijwilligersorganisaties zonder personeel in loondienst zijn ontlast van de plicht om een RI&E te maken, en ook de bepalingen over de bedrijfshulpverlening zijn vervallen, is mogelijk wel een leemte ontstaan met betrekking tot de bedrijfshulpverlening in sommige inrichtingen, zoals voorstelbaar is bij (grootschalige) evenementen. Een aanbeveling is om de noodzaak van een bedrijfshulpverleningsorganisatie voor vrijwilligersorganisaties niet alleen te verbinden aan het werken met gevaarlijke stoffen, maar ook aan de bezettingsdichtheid en de te verwachten (verminderde) opmerkzaamheid en hulpbehoevendheid van de aanwezigen.

Beschouwing over onderzoek

Het literatuuronderzoek richtte zich met name op publicaties over vluchtgedrag. In deze publicaties is nauwelijks informatie gevonden over gevaarsperceptie. De informatie die is aangetroffen wekt de indruk dat het niveau van gevaarsperceptie erg laag is. Een juiste inschatting van een gevaar is daarentegen van grote invloed op het overleven van een brand. Er moet daarom nader onderzoek gedaan worden naar de aspecten die van invloed zijn op de gevaarsperceptie, opdat maatregelen getroffen kunnen worden om de gevaarsperceptie te verhogen.

De informatie die in de literatuur beschikbaar is, betreft veelal exemplarische informatie uit bijzondere incidenten. Omdat onvoldoende kwantitatieve informatie bekend is, is niet duidelijk of de aangetroffen informatie over menselijk gedrag op alle brandsituaties toepasbaar is. Wel is informatie beschikbaar over de opeenvolging van acties in relatie tot het menselijk gedrag bij brand, zij het beperkt.

Overigens is voorzichtigheid geboden bij de beoordeling van de mate van representativiteit van de informatie die is verkregen uit experimenten en interviews na werkelijke branden. Ontvluchtingsexperimenten worden namelijk veelal uitgevoerd met een beperkt aantal fitte (jonge) volwassenen. Deze personen zijn zich er bovendien doorgaans bewust van dat zij deelnemen aan een experiment. Hierdoor kunnen de deelnemers gewenst of onrealistisch gedrag vertonen. Zo is bijvoorbeeld bij experimenten nauwelijks sprake van een realistische bedreigende situatie, aangezien geen werkelijke brandhaard aanwezig is. Daar staat tegenover dat in sommige experimenten wel maatregelen worden getroffen om het stressniveau van de deelnemers te verhogen. Bij

interviews na werkelijke branden is veelal sprake van een globale herinnering van de situatie en kunnen de precieze details niet achterhaald worden. Verder zal de situatie in de herinnering meestal in een bepaalde mate afwijkend zijn van de feitelijke situatie tijdens het incident. Mensen denken soms andere dingen gezien te hebben dan de dingen die er werkelijk waren. Kortom, de beschikbare informatie geeft een indruk van het menselijk gedrag bij brand, maar kan veelal niet als een 'absolute waarheid voor alle situaties' toegepast worden. Ook is het onderzoek vaak gericht op bijzondere, fatale incidenten en niet op situaties die succesvol zijn geweest. Daarom kan de informatie uit incidentevaluaties slechts als voorbeeld dienen en is het bij informatie uit experimenten in de vorm van absolute waarden van belang aandacht te hebben voor de methodische en statistische verantwoording van het onderzoek.

Visionaire onderzoekers zoals Groner en Sime stellen dat het begrip van het menselijk gedrag bij brand nog erg beperkt is. Verder stellen zij dat in het verleden te weinig aandacht is besteed aan de factor mens in relatie tot een brandveilig gebouwwontwerp. Zo ontbreekt het onderzoek naar de onderliggende intenties van de acties van brandslachtoffers bij de meeste empirische studies naar het menselijk gedrag bij brand. Hierdoor is niet bekend op welke wijze en in welke mate informatie uit/in de omgeving intervenueert met het menselijk gedrag. Mensen baseren hun acties namelijk op percepties bij een bepaalde situatie. Voor gebouwwontwerpers is het dan ook van belang te ontdekken *waarom* mensen bij het horen van een ontruimingssignaal niet vluchten, en *waarom* mensen een bepaalde route nemen en niet een andere.

Het onderzoek waarbij de factor mens wel een hoofdrol speelt, is daarentegen niet toegepast op onderwerpen op het gebied van brandveiligheid. Zo is vanuit de psychologie onderzoek gedaan naar het geloof in eigen kunnen in relatie tot het succesvol volbrengen van een taak. Het geloof in eigen kunnen is waarschijnlijk ook van invloed op de beslissingen die mensen nemen in noodsituaties. De theorie is echter nog niet getest op noodsituaties. Verder is uitvoerig onderzoek gedaan naar wayfinding, maar slechts enkele van deze onderzoeken lijken gericht te zijn op de architectonische beoordeling van vluchtende personen, de invloed van brandveiligheidsvoorschriften en de toepassing voor *fire safety engineering*. De betreffende onderzoeken hebben echter uitgewezen dat wayfinding in gebouwen zeer problematisch kan zijn. De gedragsexperimenten en de uitgebreide studies naar het menselijk gedrag bij werkelijke branden in grote gebouwen en woongebouwen hebben dan ook voor gebouwwontwerpers niet de gewenste informatie opgeleverd om een brandveilig gebouw te kunnen ontwerpen.

HOOFDSTUK 7

DE OMGEVINGSFACTOR: HET GEBOUW

De derde factor die van invloed is op de mate van zelfredzaamheid van mensen in gebouwen is de omgevingsfactor. De fysieke kenmerken van een gebouw vormen de omgeving waarin mensen hun zelfredzame gedrag kunnen vertonen. Deze fysieke omgeving biedt de primaire voorwaarde voor de mogelijkheid van het overleven van een brand. In dit hoofdstuk staat daarom vooral de technische dimensie van psychonomische brandveiligheid centraal.

7.1 GEBOUWTYPE

7.1.1 Gebouwkenmerken in relatie tot fatale branden

De meeste doden en gewonden bij brand komen voor bij woningbranden. Dit is wereldwijd het geval [Visser, 2004; Bruck, 2001; Irvine e.a., 2000]. Hoewel absoluut gezien de meeste dodelijke slachtoffers vallen bij branden in woongebouwen, hebben fatale branden in andere typen gebouwen een grotere maatschappelijke impact, met name wanneer bij een brand meerdere dodelijke slachtoffers vallen.

Tabel 7.1 bevat een overzicht van de fatale branden met vijf of meer dodelijke slachtoffers in gebouwen in Nederland sinds 1970. Uit het overzicht blijkt dat, behalve in woningen, de meest fatale branden vooral in logiesgebouwen (vijf branden, 70 doden) en verzorgingsgebouwen (vier branden, 41 doden) hebben plaatsgevonden.

Tabel 7.1 Meest fatale branden in gebouwen in Nederland sinds 1970 [10]

| Type gebouw | Jaar | Plaats | Aantal doden |
|--|------|----------------|--------------|
| Bijeenkomstgebouw, nachtclub Casa Rosso | 1983 | Amsterdam | 13 |
| Bijeenkomstgebouw, café 't Hemeltje | 2001 | Volendam | 14 |
| Cellengebouw voor illegalen, Schiphol-Oost | 2005 | Haarlemmermeer | 11 |
| Verzorgingsgebouw, bejaardentehuis Kraaijbeek | 1970 | Driebergen | 7 |
| Verzorgingsgebouw, inrichting Groot Brunswijk voor psychiatrische patiënten | 1970 | Wagenborgen | 12 |
| Verzorgingsgebouw, inrichting Mariëncamp voor verstandelijk gehandicapten | 1971 | Rolde | 13 |
| Verzorgingsgebouw, inrichting Dennendal voor verstandelijk gehandicapte kinderen | 1982 | Den Dolder | 6 |
| Logiesgebouw, pension | 1970 | Amsterdam | 8 |
| Logiesgebouw, hotel | 1971 | Eindhoven | 11 |
| Logiesgebouw, hotel | 1977 | Amsterdam | 33 |
| Logiesgebouw, bejaardenpension Riadko | 1979 | Breda | 7 |
| Logiesgebouw, pension Vogel | 1992 | 's-Gravenhage | 11 |
| Woning | 1973 | Bergen op Zoom | 5 |
| Woning | 1976 | Rotterdam | 6 |
| Woning | 1978 | Westerbork | 6 |
| Woning | 1979 | Elp | 6 |
| Woning | 1980 | Rotterdam | 11 |
| Woning | 1981 | Rotterdam | 5 |
| Woning | 1982 | Haarlem | 5 |
| Woning | 1989 | Landgraaf | 5 |
| Woning | 1989 | Rotterdam | 5 |
| Woning | 1997 | Den Haag | 6 |
| Woning | 2000 | Groesbeek | 6 |
| Woning | 2002 | Roermond | 6 |

In bijlage 2 zijn incidentverslagen opgenomen van de twaalf fatale branden in bijzondere woongebouwen, logiesgebouwen en bijeenkomstgebouwen uit tabel 7.1. De informatie uit de incidentverslagen is op hoofdlijnen in bijlage 1 in de tabellen B5 tot en met B8 samengevat. Uit de incidentverslagen komt naar voren dat alle branden in de nachtelijke uren zijn ontstaan, te weten tussen ongeveer 21.35 uur en 05.30 uur. Verder valt op dat in een aantal gevallen de brandweer pas laat is gealarmeerd, variërend van drie tot 19 minuten na het ontdekken van de brand. Van vier branden is bekend wanneer de ontvluchting is gestart. In een hotel is de ontvluchting tien minuten na het ontdekken van de brand gestart. In twee psychiatrische inrichtingen is de ontvluchting direct na het ontdekken van de brand gestart, en in het cellencomplex is drie minuten na het ontdekken van de brand begonnen met de ontvluchting. Bij drie van de twaalf branden wisten de aanwezigen zich in veiligheid te brengen door te springen. Uit de incidentverslagen komt overigens naar voren dat een aantal van de gesprongen mensen de sprong niet heeft overleefd.

Uit een analyse van de gegevens over de kritische factoren die van invloed zijn geweest op het brandverloop en de fataliteit komt naar voren dat in bijna alle gevallen sprake was van snelle branduitbreiding na het ontdekken van de brand. Verder was in veel gevallen geen of een slecht functionerende bedrijfs-hulpverleningsorganisatie aanwezig. In drie gevallen was de noodtrap slecht uitgevoerd. In vijf gevallen was er sprake van geen of een slecht uitgevoerde noodverlichting en vluchtrouteaanduiding. In zes van de twaalf gevallen waren deuren afgesloten, waardoor die tijdens de ontvluchting niet gebruikt konden worden. Daar waar sprake was van een pand met meerdere bouwlagen bleek de hoofdtrap in bijna alle gevallen in open verbinding te staan met de gangen. Hierdoor verplaatsten de brand en de rook zich via het trappenhuis. In alle gevallen was de vluchtroute geblokkeerd door hitte en rook. Ook was in nagenoeg alle gevallen geen automatisch brandmeldsysteem aanwezig, waardoor enerzijds de brand pas laat werd ontdekt en anderzijds de brandweer pas laat ter plaatse was. Alleen in de psychiatrische inrichting Dennendal in Den Dolder was een directe doormelding naar de brandweer mogelijk via hand-brandmelders. Het personeel heeft echter pas zes minuten na het ontdekken van de brand een handbrandmelder ingedrukt.

Tubbs (2004) heeft onderzoek gedaan naar de bepalende factoren voor fataliteit van de tien meest fatale branden in de Verenigde Staten. In tabel B9, in bijlage 1 zijn de gegevens uit de studie samengevat. In de Verenigde Staten vinden de meest fatale branden vooral plaats in nachtclubs/discotheken en theaters [Tubbs, 2004]. Behalve dat de meest fatale branden in de Verenigde Staten in andere typen gebouwen plaatsvinden, zijn de aantallen dodelijke slachtoffers per brand ook vele malen hoger dan in Nederland. In alle branden heeft de brandbaarheid van de afwerkingsmaterialen in het interieur een bepalende rol gespeeld in de snelheid van brandontwikkeling. Verder was in negen van de tien branden sprake van afgesloten, verborgen of geblokkeerde uitgangen, waardoor mensen in een fuik terecht kwamen. In acht gevallen was sprake van een hoge bezettingsdichtheid in de gebouwen, waarbij in vier gevallen zelfs sprake was van een overbezetting. In zeven van de tien branden is bovendien sprake geweest van dodelijke slachtoffers als gevolg van verdrukking in de menigte vluchtende mensen [Tubbs, 2004].

Hierna worden de gebruikaspecten besproken die gerelateerd zijn aan een gebouwtype. De volgende gebouwtypen (gebruiksfuncties) worden besproken: woningen/woongebouwen, logiesgebouwen en bijzondere woongebouwen, bijeenkomstgebouwen (gebouwen met een hoge bezettingsdichtheid), hoge gebouwen, ondergrondse gebouwen en tijdelijke gebouwen.

7.1.2 Woningen/woongebouwen

Volgens Irvine e.a. (2000) vindt 80% van de fatale branden in Groot-Brittannië in woningen plaats, waarbij ongeveer zes op de tien slachtoffers zijn omgekomen in de ruimte waar de brand is ontstaan. Doorgaans is dit de slaapkamer of de woonkamer. Van een groot aantal van de dodelijke slachtoffers bij woningbranden is het vermoeden dat zij tijdens het ontstaan van de brand sliepen, onder invloed waren of zowel onder invloed als slapende waren [Irvine e.a., 2000].

Ook uit gegevens uit Australië [Bruck, 2001] blijkt dat mensen die op het moment van de brand slapen een grotere kans hebben de brand niet te overleven dan mensen die tijdens de brand wakker zijn. In Australië vindt 81% van de fatale branden 's nachts plaats, waarbij 86% van de slachtoffers slapend is omgekomen. Van de fatale branden die overdag plaatsvonden is 31% van de slachtoffers slapend omgekomen. Daarmee is in totaal driekwart van de slachtoffers slapend omgekomen [Bruck, 2001].

Uit een studie naar fatale woningbranden in Nederland in 2003 [Kobes, 2006] is gebleken dat, naast brandstichting, de meeste dodelijke slachtoffers voorkomen bij branden die zijn ontstaan door in slaap te vallen tijdens het roken en door het branden van kaarsen. Tweederde van deze branden is in de slaapkamer ontstaan, in bed(dengoed) en in banken/stoelen. Op het moment dat de brandweer ter plaatse kwam, was er bij de branden die waren ontstaan in bedden, banken en stoelen sprake van hevige rookontwikkeling. De meeste slachtoffers zijn aangetroffen in de ruimte waar de brand is ontstaan. In tabel B10, in bijlage 1 zijn de omstandigheden van de slachtoffers weergegeven. In totaal is 55% van de slachtoffers slapend omgekomen, waarvan meer dan een kwart tevens onder invloed van drank of drugs was. Verder was in totaal 27,5% van de slachtoffers onder invloed van drank of drugs [Kobes, 2006].

De gegevens uit het onderzoek naar fatale branden in Nederland komen sterk overeen met de gegevens uit studies in het buitenland. Groot-Brittannië kent sinds 1988 wetgeving voor de brandveiligheid van meubilair en woning-inrichting [DTI, 2000]. Deze wetgeving is opgesteld naar aanleiding van een toenemend aantal woningbranden met dodelijke afloop, waarbij brand in gestoffeerd meubilair⁸⁵ de oorzaak van overlijden was. Hoewel destijds slechts 7,5% van de woningbranden ontstond in meubilair, leidden deze branden tot 35% van het totaal aantal dodelijke slachtoffers bij woningbranden. Ter vergelijking: in Nederland ontstaat ongeveer 11,5% van de branden in beddengoed/

85. Doorgaans is in deze meubelen polyurethaan (PU) schuimvulling toegepast.

matrassen, meubilair en stoffering [Kobes e.a., 2001]. In 2003 heeft dit type branden in Nederland 51,5% van de dodelijke slachtoffers tot gevolg gehad [Kobes, 2006].

Uit de evaluatie van de eerdergenoemde Britse wetgeving blijkt dat er in 1992 [DTI, 2000], vier jaar na de introductie van de veiligheidsvoorschriften, 65 minder dodelijke slachtoffers (ongeveer 13% minder) waren dan in 1988. In 1997 waren er 138 slachtoffers minder dan in 1988. Met name het aantal slachtoffers met een rookgerelateerde doodsoorzaak is sterk afgenomen. Hierbij is de stijgende trend na 1988 omgebogen in een dalende trend. Dit geldt ook voor de slachtoffers die zijn omgekomen als gevolg van een brand die is ontstaan in stoffering (meubilair). De toepassing van brandvertragers in meubilair, waarin veelal schuimrubbers zijn verwerkt, lijkt daarmee het aantal slachtoffers te reduceren. Behalve het aantal dodelijke slachtoffers is sinds de inwerkingtreding van de wetgeving ook het aantal gewonden bij brand sterk afgenomen. Uitgaande van de trend, zoals die in 1988 leek te zijn, is het aantal gewonden in 1992 met 526 personen afgenomen [DTI, 2000].

Ook in de Verenigde Staten geldt regelgeving voor het brandgedrag van meubilair en stoffering. Hier is in de periode van 1984-1997, sinds de invoering van diverse regelgeving, het aantal doden en gewonden met 40% afgenomen [NIST, 2001]. In Nederland worden geen eisen gesteld aan het brandgedrag van meubilair en stoffering.

Behalve dat de brandvertragendheid van meubilair en stoffering van groot belang is voor de mogelijkheid van het overleven van een brand, is de beschikbaarheid van de vluchtroute zeer belangrijk. Uit incidentevaluaties⁸⁶ blijkt dat een brand, in tegenstelling tot de aanname in de regelgeving, wel degelijk kan ontstaan in de vluchtroute. Verder kan een brand in een andere ruimte dan de vluchtroute, bij het laten openstaan van de deur, toch leiden tot de aanwezigheid van rook in de vluchtroute. Zeker in gebouwen waar slechts één vluchtroute aanwezig is, zoals in portiekwoningen, vormen dergelijke situaties een groot probleem voor de zelfredzaamheid.

Uit een studie naar gedragsfactoren bij woningbranden (overigens zonder dodelijke slachtoffers) in Nederland waarbij de brandweer in 2000 betrokken is geweest [Kobes e.a., 2001], is gebleken dat bij 12% van de woningbranden een normale ontvluchting niet mogelijk is geweest. In het bijzonder bij portiekflats en galerijflats bleek een ontvluchting via de normale verkeersruimte problematisch te zijn. Bij de seniorenwoningen kon eenderde van de bewoners niet uit de woning vluchten.

86. Zie onder andere hoofdstuk 7.1.1.

7.1.3 *Logiesgebouwen en bijzondere woongebouwen*

Namens het Nederlandse ministerie van Binnenlandse Zaken is in 1995 een wereldwijd literatuuronderzoek uitgevoerd naar branden in logiesgebouwen en bijzondere woongebouwen. Hierbij zijn de gegevens van 65 branden geanalyseerd [BZK, 1995b]:

- 34 branden in hotels en motels;
- 15 branden in opvanghuizen, kamerverhuurbedrijven en asielzoekerscentra;
- 8 branden in bejaardenoorden;
- 8 branden in studentenhuizen.

Uit het onderzoek komen duidelijke oorzaken naar voren die mede ertoe hebben bijgedragen dat er slachtoffers vielen:

- In 29 gevallen was een trappenhuis niet omsloten of stonden de deuren ervan open.
- In 19 gevallen werd de brand wel snel ontdekt, maar werden de andere bewoners en/of de brandweer te laat gewaarschuwd.
- In 17 gevallen liet men de deur van de brandende ruimte openstaan.
- In 17 gevallen was het personeel niet of niet goed geïnstrueerd.
- In 16 gevallen werd de brand te laat ontdekt.

In tabel B7, in bijlage 1 zijn gegevens opgenomen over slachtoffers en overlevenden van de twaalf meest fatale branden in Nederland. Het betreffen de gegevens van branden in bijeenkomstgebouwen, logiesgebouwen, verzorgingsgebouwen en een cellengebouw.

Uit de twaalf meest fatale branden in Nederland blijkt dat relatief veel personen door personeel of door de brandweer zijn gered. In de verzorgingsgebouwen en in het cellengebouw moesten de bewoners veelal één voor één gered worden. In figuur 7.1 zijn beelden weergegeven van de reddingsactie bij de brand in psychiatrische inrichting Groot Brunswijck in 1970 in Wagenborgen. Aangezien veel van de patiënten bedlegerig waren, verliep de ontvluchting erg moeizaam.

Uit de hiervoor genoemde incidentgegevens kan worden opgemaakt dat, met name in bijzondere woongebouwen, de ontvluchting door niet-mobiele mensen zo moeizaam is dat veel personeel en hulp van omstanders nodig zijn om een snelle ontvluchting door alle aanwezige individuen mogelijk te maken.

Proulx en anderen twijfelen aan de effectiviteit van ontvluchting, vooral in hotels en woongebouwen. Incidentevaluaties lijken namelijk aan te tonen dat mensen die besluiten te vluchten een grotere kans lopen de brand niet te overleven of gewond te raken dan mensen die besluiten in de hotelkamer of de

woning te wachten op redding [O'Connor, 2005; Proulx, 2001b]. Het moet dan wel veilig zijn om in de kamer te blijven wachten.

Figuur 7.1 Redding van psychiatrische patiënten [Kaspers e.a., 1986]



7.1.4 *Bijeenkomstgebouwen (met een hoge bezettingsdichtheid)*

Bijeenkomstgebouwen worden veelal gekenmerkt door een hoge bezettingsdichtheid, soms zelfs met een dichtheid conform bezettingsniveau F (zie pagina 197). Voorbeelden van dergelijke bijeenkomstgebouwen zijn cafés, restaurants en nachtclubs. Wereldwijd heeft een aantal soortgelijke rampzalige branden plaatsgevonden in cafés, restaurants en nachtclubs [Van de Leur e.a., 2001].

Dit zijn onder andere de branden in:⁸⁷

- Cocoon Grove Dance Hall (Boston, 1942), 490 doden en 259 gewonden;
- Beverly Hills Supper Club (Southgate, Kentucky, 1977), 164 doden;
- discotheek Stardust (Dublin, Ierland, 1981), 48 doden, 214 gewonden;
- casino van het Dupont Plaza Hotel (San Juan, Puerto Rico, 1986), 83 doden en 146 gewonden;
- restaurant Boeddha (Hilversum, 1988), geen doden;
- Happy Land Social Club (New York, 1990), 87 doden;
- feestzaal in Hotel Switel (Antwerpen, 1994), 15 doden, 164 gewonden;

87. Van zowel de brand in Dupont Plaza Hotel als in The Station Nightclub zijn live videobeelden beschikbaar.

- discotheek in Gothenburg (Zweden, 1998), 63 doden en 213 gewonden;
- café 't Hemeltje (Volendam, 2001), 14 doden en meer dan 200 gewonden;
- The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003), 100 doden en meer dan 200 gewonden.

Bij deze branden was sprake van een zeer snelle (explosieve) brandontwikkeling vlak na het ontstaan van de brand en van een hevige rookontwikkeling. Deze zeer snelle brandontwikkeling werd veelal veroorzaakt door brandbare versieringen in het interieur (Cocoanut Grove Dance Hall en Dupont Plaza Hotel) en aan wanden en plafonds (Stardust, Boeddha, Hotel Switel, 't Hemeltje, The Station Nightclub). Verder was sprake van een hoge bezettingsdichtheid. Dit fatale brandscenario is voor bijeenkomstgebouwen dan ook niet meer exemplarisch te noemen.

Andere voorbeelden van branden in drukke bijeenkomstruimten zijn de brand in:

- warenhuis Innovation (Brussel, 1967), 323 doden en 150 gewonden;
- voetbalstadion van Bradford (1985), 56 doden en 450 gewonden;
- metrostation King's Cross (Londen, 1987), 31 doden en meer dan 60 gewonden;
- vliegterminal Düsseldorf (1996), 17 doden en 62 gewonden.

Bij fatale branden in bijeenkomstgebouwen zijn (is) met name de (combinatie van) de volgende factoren bepalend voor de fataliteit [Tubbs, 2004; Bryner e.a., 2007; Graham & Roberts, 2000]:

- hoge bezettingsdichtheid;
- aanwezigheid van brandbare versieringen (aan de wanden en het plafond); en
- niet-beschikbare nooduitgangen.

Tubbs (2004) heeft onderzoek gedaan naar de bepalende factoren voor fataliteit van de tien meest fatale branden in de Verenigde Staten. In acht gevallen was sprake van een hoge bezettingsdichtheid in de gebouwen, waarbij in vier gevallen zelfs sprake was van een overbezetting. In zeven van de tien branden was bovendien sprake van doden door verdrukking in de menigte van vluchtende mensen [Tubbs, 2004]. Daarbij komt dat in bijeenkomstgebouwen de aanwezigen soms onder invloed kunnen zijn van alcohol en/of drugs. In hoofdstuk 6.4, dat gaat over persoonsgebonden situatietekenen, is al naar voren gekomen dat de opmerkzaamheid negatief beïnvloed wordt wanneer mensen alcohol, drugs of medicijnen hebben ingenomen [Sandberg, 1997]. Uit

incidentevaluaties⁸⁸ blijkt bovendien dat de mate van fataliteit hoger is wanneer sprake is van gebruik van alcohol en narcotica.

In het onderzoek naar de brandontwikkeling in de The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003) heeft het onderzoeksteam van het NIST aan de hand van *real-scale* brandtesten en simulatieberekeningen onderzoek gedaan naar de invloed van een sprinklerinstallatie op de overlevingskansen.⁸⁹ Uit de testen is gebleken dat als bij een situatie zoals in The Station Nightclub een sprinklerinstallatie in werking was getreden, het aantal slachtoffers vele malen lager zou zijn geweest. Naar aanleiding van deze testresultaten doet het NIST de aanbeveling om in alle nieuwe nachtclubs, ongeacht de omvang, en in alle bestaande nachtclubs met een gebouwbezetting van meer dan 100 personen, een automatisch sprinklersysteem conform NFPA 13 te eisen [Bryner e.a., 2007].

7.1.5 Hoge gebouwen

Uit recente studies naar de ontvluchting uit hoge kantoorgebouwen (waaronder de evaluatie van de WTC-ramp van 9/11) komt naar voren dat wanneer een gebouw volledig bezet is, de verplaatsingssnelheid doorgaans langzaam is [Proulx, 2007]. Dit is met name het geval in de trappenhuisen, aangezien mensen vanaf verschillende verdiepingen in het trappenhuis proberen te komen. Verder hebben tegenstromen, zoals hulpverleners die omhoog proberen te lopen, het uitvallen van de verlichting en de aanwezigheid van rook, water of puin een negatieve invloed op de loopsnelheid.

Bovendien zijn mensen in een hoog gebouw geen experts op het gebied van noodgevallen, veel mensen hebben nooit een ontvluchting meegemaakt [Proulx, 2007]. In (zeer) hoge gebouwen is het zeer aannemelijk dat veel van de aanwezigen nooit gebruikmaken van de trappen, tenzij er een noodgeval is. Daarom zijn de opleiding en training op het gebied van ontvluchting zeer belangrijk [Proulx, 2007]. Verder blijken méér mensen moeite te hebben met traplopen dan eerder werd aangenomen [Bukowski, 2005; Proulx, 2007; Averill e.a., 2007].

Hoewel liften momenteel tijdens ontvluchtingen niet gebruikt mogen worden, kan het gebruik van liften in hoge gebouwen de ontvluchting versnellen en levens redden [Proulx, 2001b; Fahy en Proulx, 2005; Averill e.a., 2007]. In para-

88. Deze opmerking is met name gebaseerd op kennis uit woningbranden, aangezien de invloed van alcohol en narcotica in dergelijke incidentevaluaties, maar ook in experimenten, nadrukkelijk wordt onderzocht. Bij branden in bijeenkomstgebouwen wordt in de onderzoeken minder nadruk gelegd op de invloed van alcohol en narcotica.

89. Zie ook hoofdstuk 7.4.4.

graaf 74.1 wordt nader ingegaan op de brandveiligheid van liften (en roltrappen).

Na de WTC-ramp van 9/11 bleek dat 27% van de 158 geïnterviewde overlevenden uit WTC-2 gebruik had gemaakt van liften [Averill e.a., 2007].

Een essentiële maatregel om de ontvluchting te verbeteren is het zodanig vormgeven van de trappenhuizen dat de grootte is afgestemd op het maximale gebruik [Proulx, 2007]. Verder kunnen voor de lagere verdiepingen extra trappenhuizen in het ontwerp geprojecteerd worden, zodat de vluchtende personen van de hogergelegen verdiepingen niet gehinderd worden door de vluchtende personen van de lagergelegen verdiepingen. Ook is het volgens Proulx (2007) essentieel dat een veilig gebruik van liften in hoge gebouwen gerealiseerd wordt. Verder hebben rookbeheersing, bijvoorbeeld via een rook- en warmteafvoerinstallatie, looproutebegeleiding, bijvoorbeeld met behulp van fotoluminescente strippen langs de trapleuningen en op de traptreden en een goede verlichting een positieve invloed op de loopsnelheid in trappenhuizen. In paragraaf 73.4 wordt nader ingegaan op de brandveiligheid van trappen.

Brandveiligheidsmaatregelen in hoge gebouwen kunnen enerzijds gericht zijn op het mogelijk maken van een snelle en veilige ontvluchting en anderzijds op het zo beperkt mogelijk houden van de gevaarsdreiging. Met name het laatste is van groot belang, aangezien een snelle ontvluchting uit hoge gebouwen zeer lastig is. Het beperkt houden van een brand is relatief eenvoudig wanneer een sprinklerinstallatie is aangebracht. Uit Amerikaanse statistiek [NFPA 2006a-c, NFPA, 2007] komt naar voren dat het in werking treden van een automatisch blussysteem niet alleen de brand beperkt houdt, en daarmee de materiële schade, maar ook het aantal slachtoffers bij brand beperkt. Als de gevaarsdreiging klein blijft, is ook de noodzaak van een snelle ontvluchting in mindere mate aanwezig. In paragraaf 74.4 wordt nader ingegaan op sprinklerinstallaties.

7.1.6 *Ondergrondse gebouwen*

Het grootste probleem bij ondergrondse gebouwen is dat mensen met de natuurlijke verplaatsingsrichting van rook en hete gassen mee vluchten. Rook en hete gassen verzamelen zich namelijk hoog in een ruimte. Mensen die zich in een ondergrondse ruimte bevinden, of in een bovengrondse ruimte met een toegang op een hogergelegen verdieping, zullen omhoog moeten vluchten.

In het kader van het menselijk gedrag bij brand zijn bij ondergrondse gebouwen vooral de gebruiksfuncties van (verkeers)tunnels en (metro)stations relevant. In het volgende tekstkader zijn branden genoemd die wereldwijd in dergelijke ondergrondse gebouwen/bouwwerken hebben plaatsgevonden in de periode van 1970 tot en met 2001 [19].

Branden in ondergrondse gebouwen/bouwwerken (1970 tot en met 2001)

14 februari 1971 in Bosnië (Joegoslavië): De trein tussen Zepce en Zenica ontspoord in een tunnel bij Vranduk en vliegt in brand; 34 mensen komen door verstikking om het leven.

6 november 1972 in Japan: In de restauratiewagon van de Kitaguni-express breekt brand uit terwijl de trein in de dertien kilometer lange tunnel bij Fukui rijdt. Reddingswerkers vinden 29 slachtoffers die door verstikking omkwamen.

3 november 1982 in Afghanistan: Een konvooi Sovjet-legervoertuigen botst in de 2,7 kilometer lange Salangtunnel ten noorden van Kabul op een tankauto, die ontploft. Tussen de 700 en 2000 mensen komen in het vuur en de rook om het leven.

18 november 1987 in Groot-Brittannië: Een weggegooide lucifer in het Londense metrostation King's Cross leidt tot een inferno van vuur en rook; 31 doden.

28 oktober 1995 in Azerbeidzjan: 289 mensen verbranden en stikken in een brand in een metrotunnel in Bakoe, kennelijk als gevolg van kortsluiting in een wagon.

18 maart 1996 in Italië: Een tankwagen ontploft in een autotunnel bij Palermo na een botsing met een busje; vijf doden en 26 gewonden.

18 november 1996 in de Kanaaltunnel: Brand ontstaat in een vrachtauto op een trein. Pas na vijf uur heeft de brandweer de vlammen onder controle. Van de 30 treinpassagiers die in veiligheid zijn gebracht, lijden enkelen aan ernstige rookvergiftigingsverschijnselen. De Kanaaltunnel wordt pas na drie weken weer in gebruik genomen. De schade beloopt meer dan een half miljard gulden.

24 maart 1999 in de Mont Blanc tunnel tussen Frankrijk en Italië: Een met meel en margarine volgeladen Belgische vrachtauto vliegt in brand, waarna de vlammen overslaan naar andere auto's. In de vuurzee sterven 41 mensen en raken vele anderen gewond. De brand kan pas na 24 uur worden geblust.

29 mei 1999 in Oostenrijk in de Tauerntunnel: Een vrachtwagen met chemicaliën botst op een personenauto en ontploft. Twaalf mensen komen om en nog eens tientallen raken gewond. De tunnel moet drie maanden dicht.

11 november 2000 in Oostenrijk: 155 mensen, onder wie twee Nederlanders, komen om nadat er brand ontstaat in een skitrein in een tunnel in Kaprun.

24 oktober 2001: Twee vrachtwagens botsen in de Zwitserse Gotthardtunnel op elkaar. Zeker negen mensen komen om. Er ontstaat een felle brand.

In de publicatie *Brandbeveiligingsconcept: Gebouwen met een publieksfunctie* van het ministerie van BZK is een analyse opgenomen van 21 branden in stationsgebouwen. De analyse is hierna weergegeven [BZK, 1995a].

Brandverslagen stationsgebouwen

De gegevens hebben betrekking op 21 branden in stationsgebouwen in de volgende landen:

- Duitsland (2);
- Groot-Brittannië (14);
- Verenigde Staten (6).

De verslagen tonen een tweedeling wat betreft de soorten stationsgebouwen: vier branden vonden plaats in gebouwen van bovengrondse spoorwegen en 17 in gebouwen van ondergrondse spoorwegen.

Brandoorzaak

De oorzaak van de brand was in vijf gevallen een vorm van defect of storing in de elektriciteit. Brandstichting werd eveneens vijfmaal aangegeven als oorzaak. In één geval was onzorgvuldig omgaan met sigaretten de directe aanleiding. Tweemaal was er sprake van brand door werkzaamheden (op het dak). Eenmaal was een ontploffende locomotief de oorzaak. In zeven gevallen ontstond de brand in het rijdend materieel. Driemaal was er sprake van brand van een roltrap en driemaal ontstond de brand in een opslagruimte voor bouwmaterialen.

Branduitbreiding

Bij zeven branden fungeerde het rijdende materieel als belangrijkste factor bij de branduitbreiding. Vooral de bekleding van zittingen in de rijtuigen was vaak van zeer brandbaar materiaal (bijvoorbeeld kunststof). De dakconstructie van stations werd als belangrijkste factor tweemaal genoemd. In vier gevallen waren ontploffen belangrijk en tweemaal was sprake van een vlamoverslag. Een groot probleem bij branden in ondergrondse stations is dat de rook moeilijk kan worden afgevoerd. Het blussingswerk en de ontruiming worden zo aanzienlijk bemoeilijkt. In vrijwel alle gevallen was sprake van extreme rookontwikkeling in de stations en op de perrons.

Gevolgen

Bij de beschreven branden was er één met een aanzienlijk aantal doden. In een metrostation vielen 31 slachtoffers; hier was de aanwezige sprinklerinstallatie niet in werking gesteld. De al langere tijd smeulende brand onder een roltrap veroorzaakte door een nog niet eerder geconstateerd 'schoorsteeneffect' een vlamoverslag naar een bovenliggende kaartjeshal. Het personeel gaf tegenstrijdige aanwijzingen. In een ander metrostation viel één dode. Veel gewonden kregen tijdens de ontruiming last van rookvergiftiging.

Bij ondergrondse branden ontstaat doorgaans zware rookontwikkeling en is vaak sprake van extreme hitte. De ontruiming uit het vaak doolhofachtige, complexe, door rook verduisterde ondergrondse gedeelte is een hachelijke zaak. De ondergrondse brandbestrijding wordt bemoeilijkt door technische communicatieproblemen naarmate men dieper onder de grond komt. De schade wordt in de meeste gevallen niet gespecificeerd, maar moet vaak aanzienlijk geweest zijn [BZK, 1995a].

De brand in het metrostation King's Cross (Londen, 1987) is wellicht een van de bekendste branden in een ondergrondse ruimte. Bij deze brand vielen 31 doden en waren er meer dan 60 gewonden, die veelal brandwonden hadden of rook hadden ingeademd. De psychologen Donald en Canter [Donald & Canter, 1990] hebben onderzoek gedaan naar het menselijk gedrag bij deze brand. Wat vooral uit dit onderzoek naar voren is gekomen, zijn de vastgeroeste rolpatronen van de mensen.⁹⁰ Het vasthouden aan het rolpatroon werd geconstateerd bij zowel het metropersoneel als de reizigers. Verder bleek de autoriteit van het metropersoneel met betrekking tot de ontvluchting voor de reizigers niet overtuigend te zijn. De autoriteit van het politiepersoneel werd wel serieus genomen.

Metropersoneel moest voorkomen dat mensen de zichtbaar brandende roltrap gebruikten. Hierbij werd het metropersoneel meerdere keren omvergeduwd. Ook toen de roltrap met tape was afgezet, verwijderden de reizigers de tape om toch de roltrap te kunnen gebruiken. Toen de politie de regie overnam, werden de aanwezigen wél opgevolgd [Donald & Canter, 1990].

Fennell (1988) heeft forensisch onderzoek gedaan naar de grote brand in het metrostation King's Cross.

De brand ontstond bij de houten roltrappen diep onder de grond, maar het station brandde tot op straatniveau uit. Zeer waarschijnlijk is de brand ontstaan doordat een lucifer in de ruimte onder de roltrap was gevallen. De lucifer ontstak het vuil dat zich in de loop der jaren onder de roltrappen had opgehoopt. Veel reizigers dachten dat de brand ongevaarlijk was, omdat de rook die van de brand afkwam er in eerste instantie niet erg gevaarlijk uitzag. De roltrap was echter gebouwd in een hoek van 30 graden. En juist vanwege deze hoek heeft de brand zich zeer snel kunnen uitbreiden. Uit reconstructies is namelijk gebleken dat, tot zeven minuten nadat het vuil vlam had gevat, er sprake was van een brand met vlammen die recht omhoog wezen. Maar na zeven en een halve minuut veranderde de richting van de vlammen van recht omhoog naar schuin naar boven. De rest van de roltrap vatte nu ook vlam, waardoor er een inferno ontstond [Fennell, 1988].

90. Zie hoofdstuk 6.1.

Na het onderzoek van Fennell (1988) werden nieuwe voorschriften opgesteld, waarin stond dat alle houten roltrappen vervangen moesten worden door roltrappen die vervaardigd waren uit brandvertragend materiaal. Bovendien moesten er sprinklerinstallaties en rookmelders worden bevestigd. Ook kwamen er voorschriften waarin stond welke verf er gebruikt mocht worden in een metrostation [OPSI, 1989].

7.1.7 Tijdelijke gebouwen

Het kenmerk van tijdelijke gebouwen is dat beoogd is dat de gebouwen slechts een paar jaar gebruikt zullen worden en daarna plaatsmaken voor een permanent gebouw. Daarom worden, vanuit economisch oogpunt, voor tijdelijke bouwwerken onder andere lagere eisen gesteld aan de brandveiligheid van het bouwwerk. Tijdelijke gebouwen komen voornamelijk voor als schoolgebouw, asielzoekerscentrum en kantoorgebouw, maar ook als cellengebouw, studentenflat, kinderdagverblijf of zelfs als vleugel van een ziekenhuis. In de praktijk blijven tijdelijke gebouwen veel langer in gebruik dan oorspronkelijk beoogd was. Van sommige tijdelijke schoolgebouwen is bekend dat deze al langer dan vijftien jaar in gebruik zijn. Op de website van het Amsterdams Lyceum staat bijvoorbeeld het volgende vermeld [20]:

‘Na de oorlog begon de school geleidelijk te groeien. Op de binnenplaats verscheen een noodgebouwtje met drie leslokalen (1960) en in 1969 kwam er een groter noodgebouw bij (zes lokalen) en werd het eerste noodgebouw omgebouwd tot een kantine. Op diezelfde plek verscheen in 1988 een semipermanent noodgebouw, waarmee het totale aantal noodlokalen op twaalf kwam. Het noodgebouw uit 1969 heeft er zelfs gestaan tot zomer 2000! Pas toen werd het afgebroken ten behoeve van de nieuwbouw.’

Drie voorbeelden van fatale branden in tijdelijke gebouwen zijn de brand in Mariëncamp, een inrichting voor verstandelijk gehandicapten (Rolde, 1971), de brand in een paviljoen van Dennendal, een inrichting voor verstandelijk gehandicapte kinderen (Den Dolder, 1982) en de brand in een vleugel van het cellencomplex Schiphol (Haarlemmermeer, 2005).

De brand in Mariëncamp heeft gewoed in het in prefab-systeembouw opgetrokken noodgebouw van de inrichting. De wanden van het noodgebouw bestonden uit een houten raamwerk, dat aan de buitenzijde was bekleed met asbestcementplaten, aan de binnenzijde met gipsplaten en was opgevuld met polystyrenschuim. Een kwartier na het ontstaan van de brand was sprake van een hevige brand en een hevige rookontwikkeling. De brand breidde zich snel uit via de ruimte tussen het zachtboardplafond en de dakbedekking. De deuren in de gangen en naar het trappenhuis waren niet brandwerend en niet zelfsluitend uitgevoerd. De nooddeuren waren afgesloten en met behulp van een loper te openen. De loper was in

bezit van het verplegend personeel en de plaatselijke brandweer. De verplegers hebben geprobeerd om de patiënten een voor een van buitenaf via de gangdeuren en ingeslagen ramen te redden. Dertien patiënten hebben de brand niet overleefd [IBW, 1971].

Het paviljoen van Dennendal was opgebouwd uit aan elkaar geplaatste stalen containers en was opgedeeld in drie brandcompartimenten. Verder was er sprake van een lage vuurlast en waren er brandvertragende materialen toegepast. Toch was er sprake van een hete brand, vermoedelijk vanwege warmteaccumulatie in de stalen containers. In het brandende deel van het gebouw bevonden zich zes kinderen, die allen de brand niet hebben overleefd [Dogger, 1982].

Iets voor middernacht breekt brand uit in een vleugel van het tijdelijke Detentie- en Uitzetcentrum Schiphol-Oost [Onderzoeksraad, 2006]. De vleugel bestaat uit containerachtige prefab elementen en bevat 26 tweepersoons cellen. De deur van cel 11 blijft openstaan, waardoor de brand zich binnen korte tijd naar de gang en de overige cellen uitbreidt. Pas rond 00.20 uur kan een start worden gemaakt met de redding en blussing. De brand is dan al uitslaand en de hitte is zodanig dat de K-vleugel niet meer betreden kan worden [Onderzoeksraad, 2006]. In 2002 was, vlak voor de ingebruikname, bij een soortgelijke brand ook al een vleugel volledig afgebrand [Helsloot & Kobes, 2002].

Uit de twee laatstgenoemde incidentverslagen blijkt dat de branden wat betreft omgevingsfactoren sterk overeenkomen. In beide gevallen was er sprake van een lage vuurlast en waren brandvertragende materialen toegepast. Gezien deze lage vuurlast en brandvertragende materialen zou een beginnende brand beperkt moeten blijven en niet tot veel slachtoffers hoeven te leiden. Beide panden waren echter opgebouwd uit geschakelde stalen containers. Dit type bouwconstructie heeft (mede) ertoe geleid dat in beide gevallen sprake was van een uitzonderlijk hete brand. Verder vatten de brandvertragende materialen vlam en bevorderden deze de brandontwikkeling.

7.1.8 *Samenvatting en beschouwing: gebouwtype*

Samenvatting

Uit een studie naar de meest fatale branden in de Verenigde Staten en Nederland komt naar voren dat de vele slachtoffers vanuit de gebouwtechniek gezien voornamelijk te wijten zijn aan het materiaalgebruik, het ontwerp van vluchtroutes⁹¹ en aan gebruiksaspecten, zoals een hoge bezettingsgraad en

91. Zoals trappenhuisen die niet brandwerend zijn afgescheiden en nooduitgangen die verborgen zijn, naar binnen draaien en/of een beperkte doorstroomcapaciteit hebben.

nooduitgangen die afgesloten waren. Zowel bij de meest fatale branden in de VS als in Nederland was in veel gevallen sprake van een zeer snelle brandontwikkeling. Bij de Nederlandse branden was bovendien in zes van de twaalf gevallen sprake van branduitbreiding via het trappenhuis, waardoor ontvluchting via het hoofdtrappenhuis niet meer mogelijk was. Verder was in de Nederlandse situatie in alle gevallen sprake van het onbruikbaar raken van de vluchtroute als gevolg van rook en hitte en waren in de helft van de gevallen deuren afgesloten waardoor mensen in een fuik terechtkwamen.

Fatale branden komen voornamelijk in woningen voor. In Australië overlijdt driekwart van de slachtoffers tijdens de slaap. In Nederland is slechts van één jaar (2003) informatie bekend over de omstandigheden van de dodelijke slachtoffers van woningbranden. Uit deze summiere gegevens is naar voren gekomen dat meer dan de helft van de slachtoffers slapend is omgekomen. Verder was meer dan een kwart van de doden in 2003 onder invloed van drank of drugs. Wanneer brand ontstaat in gestoffeerd meubilair (bankstellen, stoelen, bedden) is de kans groot (35-51%) dat de aanwezigen de brand niet overleven. Nadat in Groot-Brittannië en de Verenigde Staten regelgeving is ingevoerd voor de brandvertragendheid van gestoffeerd meubilair, is het aantal slachtoffers, zowel doden als gewonden, bij woningbranden sterk gedaald.

Verder komen fatale branden wereldwijd vooral voor in bijzondere woongebouwen, zoals in Nederland in cellencomplexen en verzorgingstehuizen, in hotels en in bijeenkomstgebouwen met een hoge bezettingsdichtheid, zoals cafés, nachtclubs, (metro)stations, vliegterminals en voetbalstadions. Bij fatale branden in bijeenkomstgebouwen zijn (is) met name de (combinatie van) de volgende factoren bepalend voor de fataliteit:

- hoge bezettingsdichtheid;
- aanwezigheid van brandbare versieringen (aan de wanden en het plafond);
en
- niet-beschikbare nooduitgangen.

Daarbij komt dat in bijeenkomstgebouwen de aanwezigen soms onder invloed kunnen zijn van alcohol en/of drugs. Alcohol, drugs en narcotica hebben een negatief effect op de opmerkzaamheid, waardoor de reactietijd nog langzamer is dan wanneer de aanwezigen een hoge mate van opmerkzaamheid hebben.

Uit recente studies naar de ontvluchting uit hoge kantoorgebouwen (waaronder de evaluatie van de WTC-ramp van 9/11) komt naar voren dat wanneer een gebouw volledig bezet is, de verplaatsingssnelheid doorgaans langzaam is. In (zeer) hoge gebouwen is het zeer aannemelijk dat veel van de aanwezigen voorafgaand aan een ontvluchting nooit gebruik hebben gemaakt van de trappen. Verder blijken méér mensen fysieke beperkingen te hebben – met

betrekking tot de ontvluchting uit de hoge gebouwen – dan eerder werd aan genomen.

Bij ondergrondse branden ontstaat doorgaans zware rookontwikkeling en is vaak sprake van extreme hitte. De ontruiming uit het vaak doolhofachtige, complexe, door rook verduisterde ondergrondse gedeelte is zeer lastig. Het grootste probleem bij ondergrondse gebouwen is dat mensen met de natuurlijke verplaatsingsrichting van rook en hete gassen mee vluchten.

Van drie (zeer) fatale branden in gebouwen is bekend dat de gebouwen waren bedoeld als een tijdelijk gebouw. Voor tijdelijke bouwwerken gelden, vanuit economisch oogpunt, onder andere lagere eisen voor de brandveiligheid van het bouwwerk. Bij twee fatale branden in een tijdelijk gebouw was sprake van een lage vuurlast en waren brandvertragende materialen toegepast. Desondanks heeft de bouwconstructie⁹² bestaande uit stalen containers (mede) ertoe geleid dat in beide gevallen sprake was van een uitzonderlijk hete brand en hevige rookontwikkeling. In het derde geval heeft de brand zich snel uitgebreid via de ruimte tussen het zachtboardplafond en de dakbedekking.

Beschouwing over beleid

Fatale branden komen (wereldwijd) vooral 's nachts voor in gebouwen waarin mensen slapen. Verder komen fatale branden (wereldwijd) vooral voor in bijeenkomstgebouwen met een hoge bezettingsdichtheid, waaronder stations, terminals, winkels en uitgaansgelegenheden zoals nachtclubs. Verder komen fatale branden voor in gebouwen waarin mensen aanwezig zijn die niet zelfstandig kunnen vluchten, zoals in verzorgingstehuizen en cellengebouwen. De aandacht van het brandveiligheidsbeleid zou, vanuit een risicobenadering geredeneerd, vooral gericht moeten zijn op gebouwen met een hoge bezettingsdichtheid, en/of waarin mensen slapen en/of waarin de aanwezige mensen niet (tot verminderd) zelfstandig mobiel zijn. Daarnaast zijn er andere overwegingen voor extra aandacht in het brandveiligheidsbeleid, zoals de benadering van (overheids)verantwoordelijkheid voor de veiligheid van kinderen in scholen en kinderdagverblijven, patiënten in ziekenhuizen, bewoners in bijzondere woongebouwen, ingeslotenen in cellen et cetera. Ook kan extra aandacht voor brandveiligheid nodig zijn vanuit de volgende overwegingen in relatie tot de verantwoordelijkheid van de overheid:

- maatschappelijke continuïteit:
 - beperking van langdurige branden met hevige rookontwikkeling waarbij evacuatie van de omgeving noodzakelijk is. Denk hierbij aan bran-

92. Het is niet geheel duidelijk of de lagere eisen hebben geleid tot het hoge aantal slachtoffers. Wel is duidelijk dat de toepassing van de stalen containers heeft geleid tot een bijzonder hete brand.

- den in afvalverwerkingsbedrijven (ATF-brand Drachten, 12 mei 2000), opslag van hout en pallets, autobanden en kunststoffen;
- bescherming van de vitale infrastructuur, zoals het wegennetwerk, het elektriciteitsnetwerk en het (digitale) communicatienetwerk;
 - beperking van de materiële schade, wat een van de uitgangspunten kan zijn bij de keuze van brandpreventieve voorzieningen. Denk hierbij aan de keuze tussen fysieke compartimentering en een automatisch blussysteem, waarbij een automatisch blussysteem de materiële schade met 53% (in horeca) tot 65% (in kantoor-, gezondheidszorg- en logiesgebouwen) kan reduceren⁹³ ten opzichte van fysieke compartimentering;
 - beperking van milieuschade, waar vooralsnog alleen vanuit de externe veiligheid geredeneerd brandpreventieve eisen gesteld worden;
 - bescherming van het cultureel erfgoed, bijvoorbeeld door de toepassing van een automatisch gasblussysteem in musea.

Voor sommige typen gebouwen is sprake van een overlap van de genoemde beleidsoverwegingen.

De gegevens van de meest fatale branden in Nederland en de Verenigde Staten pleiten voor meer aandacht voor de compartimentering van trappenhuizen, ook als is voorzien in noodtrappenhuizen, aangezien mensen doorgaans via de hoofdingang willen/moeten vluchten. Verder zou in de regelgeving, en in de handhaving daarvan, meer aandacht moeten zijn voor het beperken van de brandbaarheid van materialen bij een zich ontwikkelende en uitbreidende brand en voor de automatische blussing van een brand. In het huidige beleid is namelijk alleen aandacht voor de brandbaarheid van materialen in relatie tot het ontstaan van brand en niet in relatie tot de bijdrage aan de verdere uitbreiding van brand.

Verder zouden zwaardere eisen gesteld moeten worden aan de (on)brandbaarheid en de (beperkte) rookproductie van materialen die toegepast worden in de constructie, afwerking en inrichting van gebouwen met een hoog brandrisico. Gebouwen met een hoog brandrisico zijn logiesgebouwen, verzorgingsgebouwen, bijeenkomstgebouwen met een (tijdelijk) hoge bezettingsdichtheid en (bijzondere) woninggebouwen. Uit de gegevens van de fatale woningbranden in Nederland is bijvoorbeeld naar voren gekomen dat bij de branden die zijn ontstaan in bedden, banken en stoelen (34% van alle fatale woningbranden) sprake was van hevige rookontwikkeling op het moment dat de brandweer ter plaatse kwam. Uit brandtesten blijkt dat kunststoffen en schuimrubbers enerzijds een snelle afbrandsnelheid⁹⁴ hebben en anderzijds hevige rook produceren. De toe-

93. Zie paragraaf 7.4.4.

94. Brandkromme van een ultrasnelle brand, zie figuur 5.2 in hoofdstuk 5.1.

passing van brandbare kunststoffen en schuimrubbers zou in gebouwen met een hoog brandrisico zo veel mogelijk beperkt moeten worden.

Met betrekking tot tijdelijke gebouwen valt te betwisten of de economische motieven zwaarder wegen dan de veiligheid van de mensen die in deze gebouwen aanwezig zijn. Met name de trend om de voorschriften voor tijdelijke gebouwen toe te passen op gebouwen waarin wordt geslapen en/of waarin kleine kinderen of ingeslotenen aanwezig zijn, zou gestopt moeten worden. De combinatie van een relatief laag niveau van brandveiligheid en een verhoogd risico op fataliteit bij brand is zeer ongewenst.

7.2 GEBRUIKSASPECTEN: GEBOUWGEBONDEN SITUATIEKENMERKEN

In deze paragraaf wordt ingegaan op de gebouwgebonden situatiekenmerken. Dit zijn situatiekenmerken die gerelateerd zijn aan de gebruikaspecten van een gebouw en die van invloed zijn op alle aanwezigen in het gebouw. Eerder zijn in hoofdstuk 6.4 de persoonsgebonden situatiekenmerken besproken. Deze situatiekenmerken zijn omstandigheden die voor de individuen in een gebouw onderling kunnen verschillen.

Uit de literatuur komen vier gebouwgebonden situatiekenmerken naar voren: het focuspunt, de bezettingsdichtheid, de wayfinding in gebouwen en de handhaving van brandveiligheidsvoorzieningen.

Focuspunt

In bijvoorbeeld een theater of auditorium zijn de aanwezigen gefocust op de acteurs of de sprekers [Sandberg, 1997]. Wanneer de acteurs of de sprekers in geval van brand doorgaan met de voorstelling, zullen de toeschouwers geneigd zijn te blijven zitten. In videobeelden van de brand tijdens een popconcert in The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003) is te zien dat de ontvluchting op gang komt nadat de popgroep stopt met het optreden en het geluid uitvalt in de nachtclub.

Bezettingsdichtheid

De bezettingsdichtheid is het aantal mensen in een gebouw. Uit de literatuur is een direct verband geconstateerd tussen een hoge bezettingsdichtheid en een hoge kans op fataliteit bij brand. In hoofdstuk 7.2.1 wordt nader ingegaan op de bezettingsdichtheid.

Wayfinding

Bij ontvluchting speelt het gemak van wayfinding een rol. Aanwezigen in gebouwen moeten namelijk in staat zijn zich te oriënteren en snel onbekende bestemmingen kunnen vinden. In hoofdstuk 7.2.2 wordt nader ingegaan op wayfinding en routekeuze.

Handhaving van bouwtechnische aspecten

Mensen kunnen bij het vluchten bij brand ondersteund worden door bouwtechnische brandveiligheidsmaatregelen. Om te zorgen dat de getroffen brandpreventieve maatregelen in geval van brand ook werkelijk functioneren, is het noodzakelijk dat het gebouwmanagement (mede) is gericht op de handhaving van de werking van de brandpreventieve maatregelen. Uit diverse incident-evaluaties blijkt dat het slecht gesteld is met het functioneren van de getroffen voorzieningen. In hoofdstuk 7.2.3 wordt nader ingegaan op de handhaving van bouwtechnische aspecten.

7.2.1 Bezettingsdichtheid

De bezettingsdichtheid is van grote invloed op de mogelijkheid van het overleven van een brand. Hoe hoger de bezettingsdichtheid, hoe groter de kans op dodelijke slachtoffers [Sandberg, 1997; Tubbs, 2004]. De bezettingsdichtheid heeft invloed op het verplaatsingsgedrag. In gebouwen met een hoge bezettingsdichtheid, zoals drukke winkels en theaters, wordt de totale vluchttijd doorgaans bepaald door de reactietijd van de persoon die als eerste reageert en de loopsnelheid van de menigte als geheel [Purser & Bensilum, 2001].

De Amerikaanse onderzoeker Fruin is een van de grondleggers van het onderzoek naar het verplaatsingsgedrag van voetgangers. Met name de kenmerken van voetgangers in drukke (dichtbezette) loopgebieden, zoals loopsnelheden, onderlinge afstanden tussen voetgangers, looprichtingen, rijvorming en doorstroomsnelheden ter plaatse van doorgangen, trappen en roltrappen, zijn hierbij onderzocht. Voor loopgebieden en trappen zijn de data gekoppeld aan diverse bezettingsniveaus. In rekenmodellen, gebaseerd op onderzoek door Fruin, Pauls en anderen, is de loopsnelheid van een menigte afhankelijk van het bezettingsniveau, ofwel de bezettingsdichtheid in het loopgebied.

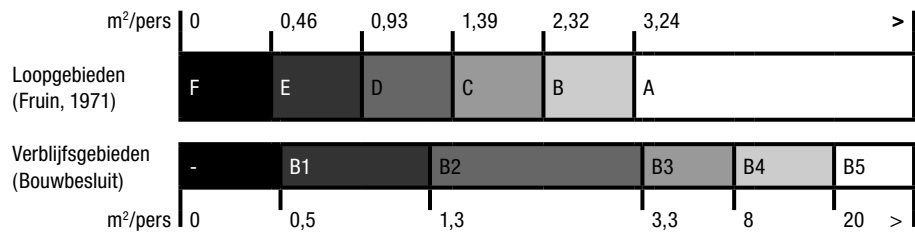
Fruin (1971) maakt onderscheid in zes bezettingsniveaus in loopgebieden. Fruin noemt dit de *Level of Service*, in de literatuur over het loopgedrag van voetgangers ook wel aangeduid met 'LoS'. Bij de bepaling van de bezettingsniveaus wordt uitgegaan van een lichaamsbreedte van 50 centimeter en een lichaamsdiepte van 30 centimeter. Deze antropomorfe afmetingen geven een standaard lichaamellips met een breedte van 60 centimeter bij 50 centimeter⁹⁵ [Fruin, 1971].

Per bezettingsniveau zijn de bezettingsdichtheid en de doorstroomsnelheid bepaald. De uitgangspunten van Fruin zijn in tabel B11 in bijlage 1 weerge-

95. Voor meer informatie over de *Level of Service* van Fruin en de antropomorfe afmetingen van verschillende populaties wereldwijd, wordt verwezen naar de website www.crowddynamics.com.

geven. Fruin hanteert een andere verdeling dan het Bouwbesluit 2003. Verder gaat Fruin uit van het bezettingsniveau in loopgebieden en gaat het Bouwbesluit uit van het bezettingsniveau in verblijfsgebieden. De niveauverdeling zoals gehanteerd in Bouwbesluit 2003 is in bijlage 1 in tabel B12 weergegeven. Figuur 7.2 bevat een schematische weergave van de verschillende bezettingsniveaus (LoS) in loopgebieden. Hierbij is tevens een vergelijk gemaakt met de bezettingsgraadklassen in verblijfsgebieden zoals het Bouwbesluit die hanteert.

Figuur 7.2 Niveaus van bezettingsdichtheid volgens Fruin (1971) en Bouwbesluit



Uit figuur 7.2 blijkt dat de bezettingsgraadklassen B5, B4 en B3 conform het Bouwbesluit vallen binnen het bezettingsniveau A conform Fruin. Bezettingsgraadklasse B2 conform het Bouwbesluit komt globaal overeen met bezettingsniveau B en C conform Fruin. Bezettingsniveau D en E komen globaal overeen met bezettingsgraadklasse B1 en bezettingsniveau F valt buiten de reikwijdte van het Bouwbesluit.

Hoewel de bezettingsniveaus van loopgebieden niet één op één te vergelijken zijn met de bezettingsniveaus van verblijfsgebieden, geeft figuur 7.2 aan in welke LoS (Fruin) een bezettingsniveau van een verblijfsgebied (Bouwbesluit) valt. Met behulp van de beschrijvingen van de bezettingsniveaus van de loopgebieden [Fruin, 1971] op pagina's 196 en 197 kan zo een indruk verkregen worden van de kenmerkende situaties bij dergelijke bezettingsniveaus. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de beschrijvingen door Fruin normale situaties betreffen en niet per definitie noodsituaties, zoals bij vluchten uit gebouwen het geval is.

7.2.2 Wayfinding en routekeuze

Wayfinding

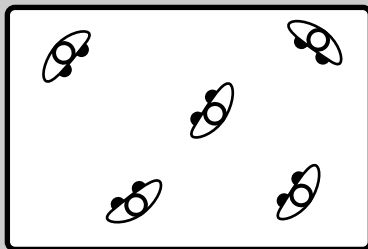
Wayfinding is gericht op de wijze waarop mensen zich in gebouwen oriënteren. Passini [Robertson & Dunne, 1998] stelt bijvoorbeeld dat de wayfinding wordt bepaald door de architectonische⁹⁶ en grafische⁹⁷ communicatie via layout en inrichting van de looproutes.

96. Verlicht/niet verlicht, breed/smal en dergelijke.

97. Routeaanduidingen, aanwezigheid van concurrerende informatie, zoals reclame-uitingen, en dergelijke.

Bezettingsniveau A

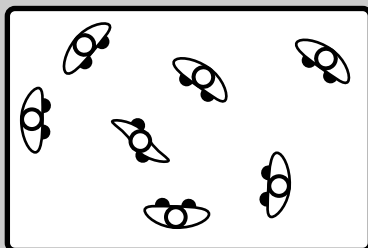
Er is voldoende ruimte beschikbaar om zich vrij te verplaatsen en om ongehinderd een eigen looproute en loopsnelheid te kiezen. Het is mogelijk om andere personen in te halen en om fysiek contact te vermijden, ook wanneer andere personen haaks op de eigen looprichting lopen.



Bezettingsniveau A is representatief voor gebouwen en pleinen waar geen ernstige vormen van piekbezettingen of ruimtelijke beperkingen (zoals met behulp van poortjes en geleiders) zullen voorkomen.

Bezettingsniveau B

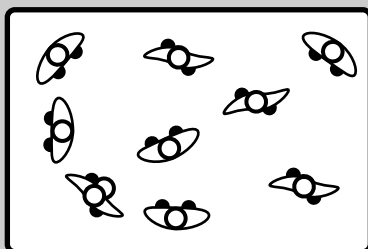
Er is voldoende ruimte beschikbaar om met een normale loopsnelheid te lopen en om andere personen in te halen wanneer zij in dezelfde looprichting lopen. Wanneer sprake is van personen die kruisend of in tegengestelde richting lopen, zal in beperkte mate fysiek contact plaatsvinden en zal de gemiddelde loopsnelheid iets lager worden.



Bezettingsniveau B is representatief voor transportterminals en gebouwen waarin herhaaldelijk, maar niet in ernstige mate, piekbezettingen kunnen voorkomen.

Bezettingsniveau C

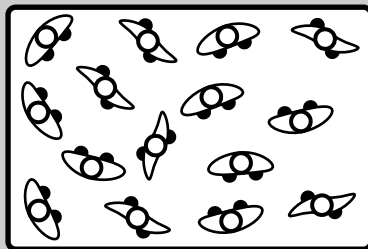
Bij deze bezetting en doorstroming kan in beperkte mate een individuele loopsnelheid en looprichting aangehouden worden. De keuze van een afwijkende route (kruisend of in tegengestelde richting ten opzichte van de meerderheid) is mogelijk, maar om fysiek contact te mijden is frequente aanpassing van de loopsnelheid en -richting nodig. In situaties waarbij routes in meerdere richtingen mogelijk zijn, zal fysiek contact tussen de voetgangers voorkomen.



Bezettingsniveau C is representatief voor bijvoorbeeld drukke transportterminals, publieksgebouwen of open ruimten met hevige pieksituaties gecombineerd met ruimtebegrenzungen (zoals poortjes en geleiders).

Bezettingsniveau D

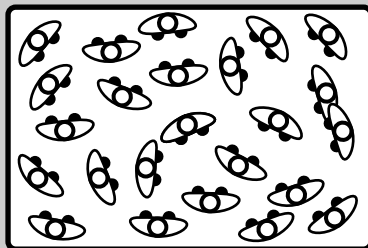
Het merendeel van de personen heeft beperkte mogelijkheid de eigen loopsnelheid aan te houden aangezien zij confrontaties proberen te voorkomen. De looprichting wordt beperkt, waarbij een afwijkende route ten opzichte van de meerderheid bemoeilijkt wordt en meerdere confrontaties met zich meebrengt. Dit bezettingsniveau kan omslaan in een kritieke doorstromingsnelheid, waardoor opstoppen veroorzaakt worden.



Bezettingsniveau D is representatief voor de meeste drukke publieksruimten.

Bezettingsniveau E

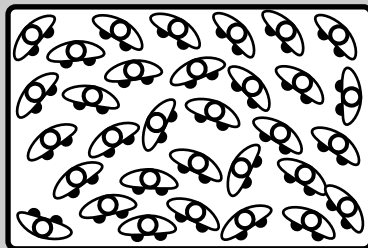
Bij dit bezettingsniveau wordt de normale loopsnelheid beperkt. De loopsnelheid zal geregeld aangepast moeten worden aan de omgevingssnelheid. Achteraan in de groep is beweging alleen mogelijk door te schuifelen. Er is niet genoeg ruimte om langzame personen te passeren. Problemen kunnen vooral ontstaan wanneer personen zich kruislings of in tegengestelde richting willen verplaatsen. De looprichting wordt namelijk gedictieerd door de groep.



Bezettingsniveau E is een benadering van de maximale capaciteit van het loopgebied, waarbij de doorstroming wordt gekenmerkt door veelvuldige onderbrekingen en opstoppen. Dit bezettingsniveau is representatief voor een (korte) piekbezetting, zoals die kan voorkomen in bijvoorbeeld sportstadions en treinstations. Wanneer dit bezettingsniveau wordt toegepast bij het ontwerpen van loopgebieden, is het nodig rekening te houden met voldoende opvangcapaciteit van buffergebieden en andere aanvullende voetgangersvoorzieningen.

Bezettingsniveau F

De loopsnelheid bij deze bezettingsdichtheid is zeer beperkt. Voorwaartse beweging is alleen mogelijk door te schuifelen. De doorstroming zal minimaal tot nihil zijn, waarbij de mate van doorstroming wordt gedictieerd door de mensen vooraan in de groep. Er is frequent, niet te vermijden, contact met andere personen.



Bezettingsniveau F is representatief voor een lange rij met mensen waardoor mensen zich niet meer kunnen voortbewegen. Dit bezettingsniveau is niet geschikt als richtwaarde voor loopgebieden.

Aanwezigen in gebouwen moeten in staat zijn zich te oriënteren en snel onbekende bestemmingen te kunnen vinden [Sime, 2001]. Er is uitvoerig onderzoek gedaan naar wayfinding zoals in parkeergarages, winkelcomplexen, ondergrondse ruimten, ziekenhuizen en terminals bij vliegvelden. Maar slechts enkele van deze onderzoeken lijken gericht te zijn op de architectonische beoordeling van vluchtende personen, de invloed van brandveiligheidsvoorschriften en de toepassing voor *fire safety engineering*. De betreffende onderzoeken hebben echter uitgewezen dat bepaalde architectonische constructies, ruimtelijke verbindingen en bepaalde lay-outs van gebouwen verwarrend zijn en onnodige druk leggen op mensen die gebruikmaken van deze gebouwen [Sime, 2001].

Volgens Raubal en Egenhofer (1998) zijn er bij wayfinding twee factoren van cruciaal belang:

- keuzes;
- aanwijzingen.

Deze twee factoren kunnen bepaald worden door gebruik te maken van de perceptie en kennis van de personen die de weg moeten vinden. Johnson (1987) [Raubal & Egenhofer, 1998] stelt dat mensen zogeheten *image schemata* gebruiken om een omgeving te begrijpen. Dit zijn terugkerende mentale patronen die mensen helpen om een ruimte te structureren. Deze mentale patronen zijn op zichzelf ook zeer gestructureerd en gebaseerd op eerdere ervaringen van de betreffende persoon. Bij besluitvorming op basis van *image schemata* wordt gefocust op de essentiële aspecten in een ruimte en worden processen ondersteund zoals die bij het 'logisch redeneren' plaatsvinden. Mensen denken doorgaans op basis van 'logisch redeneren'. Kuipers (1978) [Raubal e.a., 1997] definieert de 'ruimtelijke kennis op basis van logisch redeneren' als de kennis over de fysieke omgeving die verkregen en gebruikt wordt, over het algemeen zonder geconcentreerde inspanning te leveren, om routes van de ene ruimte naar de andere te vinden en te volgen en om de relatieve positie van deze ruimten te bewaren en opnieuw te gebruiken.

Weisman (1981) [Raubal & Egenhofer, 1998] onderscheidt vier categorieën van omgevingsvariabelen die de wayfinding beïnvloeden:

- visueel bereik;
- mate van architectonische differentiatie;⁹⁸
- gebruik van bewegwijzering en locatieaanduiding;
- indeling van de plattegrond.

98. Hiermee wordt bedoeld op de aanwezigheid van unieke gebouwkenmerken die bij de oriëntatie gebruikt kunnen worden.

Dit onderscheid in categorieën is door andere onderzoekers bevestigd. Gärling e.a. (1983) en Seidel (1982) voegen daar een vijfde categorie aan toe, te weten [Raubal en Egenhofer, 1998]: bekendheid met het gebouw.

Lange tijd is de bekendheid van de aanwezigen met het gebouw gezien als de belangrijkste factor in het vluchtproces [Gwynne e.a., 2001]. De bekendheid met het gebouw wordt beïnvloed door persoonlijke ervaringen en door externe factoren, zoals routeaanduiding en de begeleiding door andere aanwezigen en de bedrijfshulpverleningsorganisatie. Persoonlijke ervaringen kunnen ervoor zorgen dat de persoon erg bekend is met het gebouw, maar kunnen ook leiden tot selectieve kennis van het gebouw, waardoor alternatieve vluchtroutes genegeerd worden [Gwynne e.a., 2001]. Verder kan bekendheid met het gebouw ertoe leiden dat mensen pas erg laat beginnen te vluchten. Bryan en Wood [in: Tong & Canter, 1985] concluderen bijvoorbeeld dat mensen die weten dat er een vluchtroute aanwezig is, geneigd zijn te blijven in plaats van te vluchten. De reden hiervoor is dat mensen die bekend zijn met de lay-out van het gebouw zich minder bedreigd voelen door de brand.

De bekendheid met het gebouw kan vanuit het perspectief van wayfinding worden opgevat als de mate waarin de lay-out van het gebouwwontwerp voor de aanwezigen te begrijpen is [Gwynne e.a., 2001]. Het inzicht in de lay-out van een gebouw, ofwel de basis voor oriëntatie, is meer gebaseerd op kennis over de aansluitingen tussen aangrenzende ruimten dan op kennis van de plattegrond van het gehele gebouw. De bekendheid met het gebouw is daarmee complexer dan in eerste instantie werd gedacht [Gwynne e.a., 2001].

Aanwezigen in een gebouw die bij ontvluchting een andere route moeten gebruiken dan de route waarmee ze bekend zijn, of waarlangs ze het gebouw zijn binnengekomen, kunnen problemen krijgen met wayfinding. Het gemak van wayfinding is volgens Arthur en Passini afhankelijk van het gebouwwontwerp, met name van de architectonische vormgeving, het circulatieplan en het interieurontwerp. Het gemak van wayfinding is ook afhankelijk van de persoonlijke capaciteit om in gedachten een voorstelling van de ruimte te maken en om deze voorstelling te gebruiken tijdens de besluitvorming [SFPE, 2002]. Mensen zijn doorgaans goed in de toepassing van persoonlijke wayfinding-strategieën bij het vinden van de weg.⁹⁹ Wanneer het ruimtelijk inzicht van de betreffende persoon beperkt is, wordt gebruikgemaakt van verbale kwaliteiten en vice versa [Raubal & Egenhofer, 1998].

99. In normale situaties.

Routekeuze

De keuze voor een bepaalde uitgang, en daarmee de routekeuze, wordt veelal beïnvloed door de bekendheid van de persoon met het gebouw, de beschikbaarheid van uitgangen, de toegankelijkheid van de route naar de uitgang en de mate van complexiteit van deze route [O'Connor, 2005; SFPE, 2003]. Ook wordt groepsvorming gezien als een mogelijke invloedsfactor op de keuze voor een bepaalde route [Cornwell, 2001].

Het vluchtgedrag wordt beïnvloed door het verminderde zicht en de irritatie door rook. Uit de onderzoeken door Wood (GB, 1972) en Bryan (VS, 1977) is bijvoorbeeld gebleken dat sommige mensen terugkeren of een andere vluchtroute kiezen als gevolg van slecht zicht door rook [Frantzich, 1994; SFPE, 2002]. In de tabellen B2 en B3 in bijlage 1 zijn de percentages per zichtlengte van de studies naar het loopgedrag in rook opgenomen.

In de Britse studie besloten 570 personen terug te keren of een andere route te kiezen. Zij representeren 26% van het totale aantal geïnterviewde personen (N=2193). Bij de Amerikaanse studie (N=85) betrof dit 18,3% van het totale aantal geïnterviewde personen (N=584). [Frantzich, 1994; SFPE, 2002]. Van de mensen die besloten terug te keren of een andere route te kiezen, deed in de Britse studie (N=570) 97% dit bij een zichtlengte van minder dan 9,2 meter^a [Gwynne e.a., 2001], 91% bij minder dan 3,8 meter, 66% bij minder dan 1,9 meter en 29% bij minder dan 0,6 meter. Dit is respectievelijk 25,2%, 23,7%, 17,2% en 7,5% van alle ondervraagden. Van de mensen die besloten terug te keren of een andere route te kiezen, deed in de Amerikaanse studie 94% dit bij een zichtlengte van minder dan 9,2 meter. 76,4% deed dit bij minder dan 3,8 meter, 54,1% bij minder dan 1,9 meter en 31,8% bij minder dan 0,6 meter. Dit is respectievelijk 17,2%, 14%, 9,9% en 5,8% van alle ondervraagden. Van de 85 personen in de VS die besloten om terug te keren, of om een andere route te kiezen, deed 62% dit vanwege de rook, 4% vanwege de hitte en 31% vanwege de combinatie van rook en hitte. De overige 3% gaf geen reden aan voor het terugkeren of het kiezen van een andere route [Gwynne e.a., 2001].

Overigens betreffen deze gegevens van Wood en Bryan de ingeschatte zichtlengte zoals de vluchtende personen die na het incident in interviews hebben aangegeven. Helaas is in het onderzoek niet weergegeven *waarom* mensen besloten wel of niet door de rook te lopen. Het is alleen bekend waarom mensen besloten terug te keren.^b Het is daarmee niet bekend in hoeverre factoren als de bekendheid met het gebouw, de beschikbaarheid van vluchtroutes en de aanwezigheid van sociale groepsbanden van invloed zijn geweest op het besluit toch door rook te lopen [Gwynne e.a., 2001].

a. Oorspronkelijke waarden zijn in de eenheid *feet* weergegeven.

b. Namelijk vanwege verminderd zicht en irritatie door rook.

Proulx en Fahy [Gwynne e.a., 2001] hebben onderzoek gedaan naar de ontvluchting tijdens een brand in het World Trade Centre in New York (1991). Uit dit onderzoek bleek dat 94% van de aanwezigen in de ene toren en 70% van de aanwezigen in de andere toren een poging had gedaan om door rook te vluchten. Bijna 50% van de respondenten gaf aan dat zij tot aan het eindpunt door rook hadden gelopen. Van de mensen die geprobeerd hadden om door rook te lopen was driekwart van route veranderd vanwege ademhalingsproblemen, slecht zicht, angst en andere overwegingen. Dit gedrag is ook waargenomen bij de brand in de Beverly Hills Supper Club (Southgate, Kentucky, 1977), tijdens de ontvluchting uit een hoog kantoorgebouw in Ottawa, Canada en in de onderzoeken door Wood (GB, 1972) en Bryan (VS, 1977) [Gwynne e.a., 2001].

De aanname dat mensen die bekend zijn met het gebouw een geschikte vluchtroute weten, wordt bevestigd in de incidentverslagen van een brand in het warenhuis Woolworth (Manchester, 1979) en in het uitgaanscentrum Summerland (Isle of Man, 1973).

Bij de brand in warenhuis Woolworth maakte 41% van het personeel gebruik van het noodtrappenhuis, terwijl deze uitgang *niet* door het winkelend publiek werd gebruikt [Benthorn & Frantzich, 1996].

Na een brand in het uitgaanscentrum Summerland (Isle of Man, 1973) is 51% van de dodelijke slachtoffers bij de hoofdingang aangetroffen, waarvan 37 gasten en één personeelslid. De andere 49% van de dodelijke slachtoffers is bij de nooduitgang aangetroffen, waarvan 23 gasten en 14 personeelsleden [Johnson, 2005]. Deze nooduitgang werd in normale situaties ook door het personeel gebruikt als uitgang, de gasten waren daarentegen niet bekend met deze uitgang.

Onduidelijk is hoe het aantal overlevenden van de brand in Summerland (Isle of Man, 1973) zich verhoudt tot het aantal slachtoffers bij de twee uitgangen. Hierdoor kan geen uitspraak gedaan worden over de effectiviteit van de routekeuze. Wel kan geconcludeerd worden dat de bekendheid met het gebouw hier van invloed is geweest op het gebruik van de nooduitgang.

Bovenstaande conclusie impliceert dat training waarschijnlijk een positieve invloed heeft op het gebruik van een nooduitgang. Op basis van de hiervoor genoemde incidenten en vanuit het menselijk gedrag geredeneerd zou het bovendien beter zijn om nooduitgangen in normale situaties ook als uitgang te gebruiken. Deze redenatie is overigens niet nieuw. Al in 1949 is op een symposium over brandbeveiliging, onder auspiciën van de toenmalige Rijksinspectie Brandweerwezen van het ministerie van Binnenlandse Zaken, discussie ontstaan over het punt om vluchtwegen (en nooduitgangen) zo te maken dat ze als normale uitgang gebruikt worden [Meenhorst, 1949].

7.2.3 *Handhaving van bouwtechnische aspecten*

Mensen kunnen bij het vluchten bij brand ondersteund worden door bouwtechnische brandveiligheidsmaatregelen. De bouwtechnische staat van het gebouw wijzigt echter continu tijdens het gebruik van het gebouw. Zo worden mogelijk nieuwe installaties aangebracht, waarvoor het nodig is om kabels door brandwerende scheidingen te trekken. En installaties die al in het gebouw aanwezig zijn, zoals de (nood)verlichting, zullen tijdens het gebruik continu onderhouden moeten worden. Om te zorgen dat de getroffen brandpreventieve maatregelen in geval van brand ook werkelijk functioneren, is het noodzakelijk dat het gebouwmanagement (mede) is gericht op de handhaving van de werking van de brandpreventieve maatregelen.

Uit de analyse van de meest fatale branden in Nederland¹⁰⁰ blijkt dat in drie gevallen de noodtrap slecht was uitgevoerd. In vijf gevallen was er sprake van geen of een slecht uitgevoerde noodverlichting en vluchtrouteaanduiding. In zes van de twaalf gevallen waren deuren afgesloten, waardoor die tijdens de ontvluchting niet gebruikt konden worden. Ook uit de analyse van de meest fatale branden in de VS bleek dat in 90% van de gevallen sprake was van afgesloten, verborgen of geblokkeerde uitgangen, waardoor mensen in een fuik terechtkwamen. Ook uit andere incidenten, zoals de brand in de discotheek in Gothenburg, de brand in de Cocoanut Grove Dance Hall (Boston, 1942) en de brand in het casino van het Dupont Plaza Hotel (San Juan, Puerto Rico, 1986) [Graham & Roberts, 2000], is gebleken dat de toegankelijkheid en de technische uitvoering van nooduitgangen veelal niet conform de regelgeving waren.

Uit de literatuur [Sandberg, 1997] blijkt dat mensen minder geneigd zijn om te starten met de ontvluchting wanneer in een gebouw regelmatig ongewenste (loze) brandmeldingen plaatsvinden. Het is dan ook van belang dat een brandmeldsysteem zo betrouwbaar mogelijk is. Dit betekent dat extra aandacht moet worden besteed aan de projectering van de melders en aan het onderhoud van het systeem [Proulx & Richardson, 2002]. Uit Amerikaanse statistieken blijkt namelijk dat in 45% van de ongewenste (loze) meldingen sprake is van een technische storing (slecht onderhoud). In 27% van de alarmeringen is sprake van een onbedoelde melding (zoals activering door waterdamp in plaats van door rook) [Proulx & Richardson, 2002].

100. Zie bijlage 1, tabel B8, waarin gegevens zijn opgenomen over de kritische factoren die van invloed zijn geweest op het brandverloop en de fataliteit van de brand.

Incidentevaluaties hebben aangetoond dat bij stroomuitval als gevolg van brand de noodstroomvoorziening niet altijd functioneert [Proulx e.a., 2000]. Dit komt veelal door schade aan de generator, het te sterk geladen zijn van de accu's of door slecht onderhoud.

Gilbert [Ouellette, 1993] heeft onderzoek gedaan naar de betrouwbaarheid en functionaliteit van (verlichte) vluchtrouteaanduidingen, de zogeheten transparanten. In dit onderzoek zijn via vragenlijsten gegevens verzameld van 1165 gebouw eigenaren. Hieruit is gebleken dat de kans op het functioneren van minimaal negen van de tien transparanten niet groter is dan 45% indien geen periodieke inspecties worden uitgevoerd. Wanneer wel minstens eenmaal per maand inspecties plaatsvinden, is de kans op het functioneren van negen van de tien transparanten 75%. Verder blijken verlichtingselementen met een lange levensduur de betrouwbaarheid van functioneren te verbeteren. De kans dat ten minste negen van de tien transparanten bij een inspectie functioneren, is 62%. Wanneer led-lichtbronnen worden toegepast, neemt de kans toe tot 77%. De kans op functioneren van ten minste negen van de tien fluorescerende vluchtrouteaanduidingen ligt tussen de 62% en de 77%. De kans op functioneren is het laagst wanneer verschillende typen vluchtrouteaanduidingen in een gebouw zijn toegepast, te weten 56%.

Voor alle bovengenoemde aspecten zijn in de Nederlandse regelgeving bouwen gebruikseisen opgenomen. Om het aantal slachtoffers bij brand te kunnen beperken, moeten deze voorschriften echter nageleefd worden. Uit diverse praktijkstudies door de VROM-Inspectie en het NIFV blijkt dat het met de naleving van de voorschriften echter slecht gesteld is [VROM, 2004; VROM, 2006; VROM, 2007; Weges, 2006a; Weges, 2006b].

7.2.4 *Samenvatting en beschouwing: gebruikaspecten*

Samenvatting

De belangrijkste gebouwgebonden situatiekenmerken die de zelfredzaamheid bij brand bepalen zijn: het focuspunt van de aanwezigen, de bezettingsdichtheid in het gebouw, het gemak van wayfinding en de handhaving van bouwtechnische voorzieningen in gebouwen.

In gebouwen waarin sprake is van een focuspunt, zoals theaters, zal de reactie van de aanwezigen afhangen van de reactie van de mensen op wie de aandacht is gevestigd. Als in een theater de voorstelling blijft doorgaan, zullen mensen nauwelijks geneigd zijn te vluchten. De bezettingsdichtheid is van grote invloed op de mogelijkheid van het overleven van een brand, want hoe hoger de bezettingsdichtheid, hoe groter de kans op dodelijke slachtoffers. Verder zijn er aanwijzingen dat het gemak van wayfinding de zelfredzaamheid bij de ontvluchting bevordert. Brandpreventieve maatregelen kunnen gericht zijn

op wayfinding. Aanwezigen in gebouwen moeten namelijk in staat zijn zich te oriënteren en snel onbekende bestemmingen kunnen vinden. Dit geldt met name in het geval van een ontvluchting. De wayfinding wordt bepaald door de architectonische en grafische communicatie via lay-out en inrichting van de looproutes.

Er zijn vijf categorieën van omgevingsvariabelen die de wayfinding beïnvloeden:

- visueel bereik;
- mate van architectonische differentiatie;¹⁰¹
- gebruik van bewegwijzering en locatieaanduiding;
- indeling van de plattegrond;
- bekendheid met het gebouw.

De keuze voor een bepaalde uitgang, en daarmee de routekeuze, wordt veelal beïnvloed door de bekendheid van de persoon met het gebouw, de beschikbaarheid van uitgangen, de toegankelijkheid van de route naar de uitgang en de mate van complexiteit van deze route. Ook wordt groepsvorming gezien als een mogelijke invloedsfactor op de keuze voor een bepaalde route.

De werking van getroffen brandpreventieve maatregelen is essentieel om bij brand veilig te kunnen vluchten. Met name rook in de vluchtroute kan dodelijk zijn. In de praktijk blijkt het slecht gesteld te zijn met de handhaving van de functionaliteit van brandpreventieve maatregelen.

Beschouwing over beleid

Brandveiligheidsadviseurs, architecten en gebouwmanagement moeten bekendgemaakt worden met het feit dat het bezettingsniveau en de beschikbaarheid van inrichtingsmaterialen van grote invloed zijn op de fataliteit bij brand. Met name in nachtclubs en cafés blijkt het bezettingsniveau (in binnen- en buitenland) vele malen hoger te zijn dan dat waarop de uitgangen zijn berekend. Verder moet rekening worden gehouden met het gegeven dat mensen doorgaans via de normale uitgang een ruimte verlaten en niet via een nooduitgang.

De aandacht van bouwtechnische uitvoerders en gebouwbeheerders moet onder andere gericht zijn op de (handhaving van de) juiste uitvoering van trappenhuizen en gangen, opdat bij brand geen rook en hitte in de vluchtroute kunnen voorkomen. Dit geldt zowel tijdens de bouw van een gebouw als tijdens de vele aanpassingen die gedurende het gebruik van een gebouw plaatsvinden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het aanleggen of het vervangen

101. Hiermee wordt bedoeld op de aanwezigheid van unieke gebouwkenmerken die bij de oriëntatie kunnen worden gebruikt.

van leidingen en kabels door brand- of rookwerende scheidingen en aan het laten openstaan van deuren, zoals door het gebruikmaken van keggen of zelfs door het demonteren van de deurdranger. Verder moet de gebouwbeheerder aandacht hebben voor de toegankelijkheid van uitgangen en voor het voorkomen van brand in een vluchtroute. Dit betekent onder andere dat extra aandacht nodig is voor de ontgrendeling van nooduitgangen. Ook is aandacht nodig voor het tegengaan van de opslag van brandbare materialen voor nooduitgangen en in trappenhuizen.

Beschouwing over onderzoek

Naar de keuze van een bepaalde vluchtroute of het verzamelen en interpreteren van informatie is nog maar weinig onderzoek gedaan. Tot nu toe is de aandacht in onderzoeken voornamelijk gericht geweest op loopsnelheden en doorstroomcapaciteiten van gangen, trappen en deuren in diverse situaties. Over het menselijk gedrag bij brand en tijdens ontvluchtingen is wel het een en ander bekend. Er is echter onvoldoende kwantitatieve informatie beschikbaar om breed onderbouwde uitspraken te kunnen doen. Ook kunnen de geconstateerde gedragingen nog onvoldoende verklaard worden.

7.3 BOUWTECHNISCHE ASPECTEN: LAY-OUT

In deze paragraaf wordt ingegaan op de bouwtechnische aspecten die wayfinding, routekeuze en snelheid van ontvluchting beïnvloeden. Eerst wordt ingegaan op het effect van vluchtrouteaanduiding. Vervolgens komt het effect van uitgangen en vluchtroutes/gangen aan de orde. Tot slot wordt ingegaan op het effect van trappen op wayfinding, routekeuze en snelheid van ontvluchting.

7.3.1 *Vluchtrouteaanduiding*

Doeltreffendheid van vluchtrouteaanduiding

De fysieke vormgeving van een gebouw is bij wayfinding van groter belang dan de kwantiteit en kwaliteit van de bewegwijzering in een gebouw. Arthur en Passine (1992) [Raubal & Egenhofer, 1998] stellen dat voor de ondersteuning van wayfinding meer nodig is dan alleen het aanbrengen van bewegwijzering, aangezien bewegwijzering in veel gevallen architectonische mankementen niet kan oplossen.

Uit incidentevaluaties blijkt dat mensen veelal aanduidingen voor nooduitgangen negeren, ook al lijken deze zeer duidelijk te zijn [Ouellette, 1993; Johnson, 2005]. Bij een van de incidenten is zelfs geconstateerd dat een persoon langs acht nooduitgangen liep om uiteindelijk via de hoofdingang het gebouw te verlaten [Johnson, 2005].

Uit een onderzoek door Bryan (1983) blijkt dat slechts 8% van de overlevenden van in totaal 400 branden zich de aanwezigheid van vluchtrouteaanduidingen kan herinneren. De andere 92% kan zich niet herinneren of de vluchtroute met bewegwijzering werd aangeduid [Ouellette, 1993].

In een verkeerstunnel [Boer, 2002] negeerden mensen de vluchtrichting zoals die was aangegeven op het vluchtbordje, omdat ze van de brand vandaan wilden vluchten (en omdat de vluchtroute achter de brand langs ging) of omdat ze een kortere weg naar buiten zagen of dachten te zien. Iets soortgelijks is te zien in een onderzoek in een nagebouwd scheepsinterieur [Boer, 1998].

In een onderzoek naar de wayfindingproblemen in een nagebouwd scheepsinterieur [Boer, 1998] moesten proefpersonen, die in het scheepsinterieur aanwezig waren, plotseling de vluchtroute vinden. Uit de testen kwam naar voren dat in de normale situatie de vluchtdeur door velen (40%) niet werd gevonden. Een grote pijl dwars over de gang naar de vluchtdeur leidde tot het beste resultaat. Het aanbrenge van een patrijspoort in de vluchtdeur, waardoor de proefpersonen zicht konden krijgen op de vluchtroute achter de vluchtdeur, leidde *niet* tot het gewenste resultaat.

Zichtbaarheid in rook

Rookontwikkeling beperkt het zicht op vluchtrouteaanduidingen [Ouellette, 1993; Frantzich, 1994]. Zo heeft Jensen geconstateerd dat het lichtniveau van vluchtrouteaanduidingen (transparanten) geen effect heeft bij dichte rook [Frantzich, 1994]. Wanneer vluchtrouteaanduidingen niet meer zichtbaar zijn, heeft dit een negatieve invloed op de ontvluchting. Jensen stelt daarom dat vluchtrouteaanduidingen op ooghoogte, taillehoogte of vloerhoogte moet worden aangebracht, waarbij de voorkeur ligt op het niveau van taillehoogte. De reden hiervan is dat uit observaties is gebleken dat mensen die door rook lopen eerder geneigd zijn licht voorover te buigen dan te kruipen, zelfs wanneer de vluchtrouteaanduiding op vloerhoogte is aangebracht. Uit een onderzoek door Ouellette (1993) naar de zichtbaarheid van vluchtrouteaanduidingen in rook is vastgesteld dat (nood)verlichting in de omgeving van vluchtrouteaanduidingen de zichtbaarheid sterk vermindert [Ouellette, 1993]. Verder is gebleken dat mensen altijd geneigd zijn om naar het licht te lopen [Ouellette, 1993; Frantzich, 1994].

Zichtbaarheid: kleur, wijze van verlichting en omgevingsruis

Ouellette (1993) heeft, behalve naar het effect van (nood)verlichting op de zichtbaarheid van vluchtrouteaanduidingen in rook, ook gekeken naar het effect van kleur. Het menselijk oog is het meest gevoelig voor het geelgroene gebied van het spectrum. Het kost daarom minder energie om groen licht te genereren dan om rood licht met dezelfde helderheid te genereren [Ouellette, 1993].

Figuur 7.3 Zichtbaarheid vluchtrouteaanduiding in rook [Ouellette, 1993]

Bij zichtbaarheid van vluchtrouteaanduidingen spelen naast de spectrale energie van het menselijk oog meer factoren een rol [Ouellette, 1993]. Ook de spectrale energie van de lichtbron en de omgeving is van belang. Rook reflecteert het licht namelijk, net als bij bijvoorbeeld mist het geval is. Aangelichte vluchtrouteaanduidingen zijn daarom in rook minder goed zichtbaar dan transparanten die van binnenuit verlicht worden [Ouellette, 1993].

Volgens Ouellette (1993) is de kleur van de vluchtrouteaanduidingen geen bepalende factor voor de zichtbaarheid in rook. En indien de kleur van belang is, speelt deze een minder belangrijke rol dan de helderheid van de vluchtrouteaanduiding, de omgevingsverlichting en de rookdichtheid.

Verder blijkt de opvallendheid van een vluchtrouteaanduiding ten opzichte van de 'ruis' in de omgeving van belang te zijn [Boer, 2004]. Wanneer bijvoorbeeld veel andere signalen in de omgeving aanwezig zijn, zoals reclame-uitingen, blijkt de vluchtrouteaanduiding veel minder op te vallen dan in een omgeving waar nauwelijks andere signalen in de omgeving aanwezig zijn.

Plaats van de vluchtrouteaanduiding

Omdat rook zich boven in een ruimte verzamelt, kan de plaatsingshoogte van invloed zijn op de zichtbaarheid. In sommige Amerikaanse staten, zoals Californië, is in de wetgeving opgenomen dat in aanvulling op de 'normale' vluchtrouteaanduidingen vlak boven deuren en dergelijke, ook op vloerniveau vluchtrouteaanduidingen aanwezig moeten zijn. Na de terroristische aanslagen op het World Trade Centre (2001) zijn ook in New York aanvullende richtlijnen opgesteld voor de vluchtrouteaanduiding in gebouwen. Deze zijn

vastgelegd in de *Reference Standard 6-1: Photoluminescent Low-Level Exit Path Markings*, waarnaar vanuit de *New York City Building Code 2004* wordt verwezen. De bestaande eisen voor de vluchtrouteaanduidingen, zoals in de *New York City Building Code* zijn vastgesteld, blijven gelden naast de aanvullende voorwaarden. Een van de aanvullende voorwaarden is dat naast of op (nood) uitgangen vlak boven het vloerniveau een fotoluminescente aanduiding moet zijn aangebracht. In figuur 7.4 is de essentie van de voorwaarden gevisualiseerd.

Figuur 7.4 Fotoluminescente vluchtrouteaanduiding [21]



Vervanging van de 'normale' vluchtrouteaanduidingen door op vloerniveau aangebrachte vluchtrouteaanduidingen wordt niet wenselijk beschouwd. Dit omdat de kans bestaat dat er objecten voor de vluchtrouteaanduidingen worden geplaatst. Bovendien bestaat bij toepassing van sprinklers en ventilatie de kans dat de rooklaag naar beneden wordt gedrukt en de lage vluchtrouteaanduidingen niet zichtbaar zijn [Ouellette, 1993].

Hoorbare en dynamische vluchtrouteaanduiding

Uit de onderzoeksresultaten van Nagai e.a. (2004), Boer (2003) en Isobe e.a. (2004) kan opgemaakt worden dat geluidssignalen bij uitgangen mogelijk de ontvluchting in een donkere ruimte versnellen.

De Britse onderzoeker Withington heeft een experiment uitgevoerd met 'sissende' geluidsbakens in een mockup van een passagiersschip [Boer, 2003]. Bij het experiment bleek 90% via de vluchtdeur met geluidsbakens te vluchten. De Nederlandse onderzoeker Boer heeft deze 'sissende geluidsbakens' in 2002 getest in een verkeerstunnel. Uit een proef door Boer bleek slechts 20% van de proefpersonen zich naar de vluchtdeur te begeven. De rest wilde via de rijbaan de tunnel uit vluchten. Wanneer de proefpersonen vooraf een korte uitleg kregen ('er zijn geluidsbakens boven de vluchtdeuren'), vluchtte 69% via de vluchtdeuren.

Geluidsbakens die zichzelf uitleggen, geven een beter resultaat. Boer (2003) constateert naar aanleiding van een experiment met dergelijke geluidsbakens in een verkeerstunnel dat 85% van de 78 proefpersonen regelrecht op de dichtstbijzijnde vluchtdeur afliep, één persoon nam de volgende deur. Om bij de vluchtdeuren te komen moesten de enigszins gespannen proefpersonen de 'veilige' wand loslaten en de rijbaan oversteken. Het geluid overtuigde de mensen om over te steken. Het geluidssignaal betrof een herhalend patroon van een dubbele gongslag, de uitgesproken tekst 'exit here' of 'uitgang hier', stilte, dubbele gongslag, enzovoorts. De proefpersonen waren tussen de 18 en 75 jaar oud, gemiddeld 36,4 jaar. 6% was 18 of 19 jaar oud, 42% was twintiger, 17% was dertiger, 14% was veertiger, 10% was vijftiger en 10% was 60 jaar of ouder [Boer, 2003].

Andere innovatieve methodes voor vluchtrouteaanduiding in gebouwen zijn bijvoorbeeld fotoluminescente pictogrammen in vloeren en op wanden en stroboscopische lichtbakens bij vluchtdeuren. Ook kunnen led-lichtslangen in vloeren en wanden met een dynamisch verlichtingspatroon (lopende lichten), zoals toegepast in vliegtuigen, mogelijk effectief zijn. In de literatuur is echter geen informatie aangetroffen over de effectiviteit van dergelijke innovatieve vluchtrouteaanduidingen bij ontvluchting uit gebouwen.

7.3.2 *Uitgangen*

De keuze voor een bepaalde uitgang wordt veelal beïnvloed door de bekendheid van de persoon met het gebouw, de beschikbaarheid van uitgangen, de toegankelijkheid van de route naar de uitgang en de mate van complexiteit van deze route [O'Connor, 2005; SFPE, 2003].

Uit experimenten door Sime (1995) en Sandberg (1997) is gebleken dat mensen de neiging hebben de uitgang te gebruiken waarmee zij bekend zijn in plaats van de dichtstbijzijnde, tenzij personeel opdracht geeft een andere specifieke uitgang te gebruiken [Sandberg, 1997; Graham & Roberts, 2000]. De bekendheid met het gebouw kan daarmee een negatieve invloed hebben op de overlevingskansen, aangezien mensen kiezen voor de bekende route en andere routes negeren, die mogelijk korter of veiliger zijn [Gwynne e.a., 2001].

Uit experimenten in een Zweeds warenhuis [Benthorn & Frantzich, 1996] is gebleken dat mensen bij het horen van een ontruimingssignaal het warenhuis via de normale uitgang verlieten en niet via de nooduitgang. Tenzij de afstand tot de normale uitgang twee keer langer was dan de afstand tot de nooduitgang en bovendien de deur in geopende stand stond. In het laatste geval kozen bijna alle testpersonen voor de nooduitgang.

Deuren die voorzien zijn van een noodontgrendeling gekoppeld aan een alarm blijken bij een ontvluchting niet gebruikt te worden vanwege een negatieve associatie.

Bij een brand in een verzorgingstehuis werden 85 patiënten (95% van de patiënten op die verdieping) door het personeel via één trappenhuis gered, terwijl nog drie andere trappenhuizen beschikbaar waren. Het trappenhuis dat door het personeel voor de ontvluchting werd gebruikt was het trappenhuis dat ook in normale situaties gebruikt werd. De andere drie trappenhuizen waren voorzien van een noodontgrendeling gekoppeld aan een alarm, opdat de trappenhuizen alleen in noodsituaties gebruikt zouden worden. Deze drie noodtrappenhuizen hadden daarmee een negatieve associatie en werden zelfs in de noodsituatie niet gebruikt. De totale ontvluchting duurde daardoor langer dan de architect op basis van het ontwerp had berekend [Benthorn & Frantzich, 1996].

Tubbs (2004) heeft onderzoek gedaan naar de bepalende factoren voor fataliteit van de tien meest fatale branden in de Verenigde Staten. In negen van de tien branden was sprake van een afgesloten, verborgen of geblokkeerde uitgang, waardoor mensen in een fuik terechtkwamen [Tubbs, 2004]. Verder blijkt de draairichting van de deur van groot belang te zijn in ruimten met een hoge bezettingsdichtheid.

Bij de brand in Gothenburg (Zweden, 1998) begon de brand in een van de twee trappenhuizen die naar een danszaal op de eerste verdieping leidden. Er was sprake van een zeer hoge bezettingsdichtheid, ruim 2,5 maal hoger dan was toegestaan. Bovendien was een van de twee uitgangen geblokkeerd door rook. Bij deze brand zijn 63 tieners overleden (waarvan vier personen later in het ziekenhuis) en 213 tieners gewond geraakt [Welling e.a., 2005; Comeau & Duval, 2000]. Ook bij de brand in de Cocoanut Grove Dance Hall (Boston, 1942) waren (nood)uitgangen geblokkeerd. De draaideur raakte geblokkeerd door mensen die in tegengestelde richting de draaideur in beweging probeerden te krijgen, een andere deur draaide naar binnen en twee andere uitgangen waren op slot. Bij de brand in het casino van het Dupont Plaza Hotel (San Juan, Puerto Rico, 1986) zijn 55 lichamen teruggevonden achter de naar binnen draaiende deur [Graham & Roberts, 2000]. In totaal zijn 97 mensen overleden, waarvan 19 personeelsleden, en zijn 146 mensen gewond geraakt [Klem, 1987].

Ook in Nederland blijkt de niet-toegankelijkheid van uitgangen een bepalende factor te zijn voor fataliteit. In zes van de twaalf meest fatale branden waren deuren afgesloten, waardoor die tijdens de ontluchting niet gebruikt konden worden.

Vluchtdeuren die alleen vanaf één zijde te gebruiken zijn kunnen ook problemen opleveren. Hierbij valt te denken aan deuren die uitkomen op een trappenhuis en alleen te openen zijn vanuit het gebouw, maar niet vanuit het trappenhuis, of aan zelfsluitende deuren van hotelkamers.

Uit de studies naar de ontluchting bij de WTC-ramp van 9/11 is gebleken dat mensen opgesloten zaten in het trappenhuis en niet terug de verdieping op konden vluchten [Fahy & Proulx, 2005]. Andere vluchtende personen hebben sommige opgesloten personen kunnen redden door de deur vanaf de verdieping te openen.

Bij de brand in het MGM Grand Hotel and Casino (Las Vegas, 1980) zijn de meeste doden op de hogergelegen verdiepingen in het trappenhuis aangetroffen [Bryan, 1992]. Toen de hotelgasten geconfronteerd werden met rook, konden zij niet meer terug naar hun hotelkamer. De deur van hun kamer was namelijk dichtgevallen nadat zij de kamer hadden verlaten.

Deuren die slechts van één zijde te openen zijn, leveren met name problemen op wanneer rook het trappenhuis binnendringt. Het is bij dergelijke deurconstructies voor de vluchtende personen namelijk niet mogelijk zelfstandig via een andere verdieping naar een rookvrij trappenhuis te vluchten.

De data voor de doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen, zoals in de literatuur genoemd, zijn niet geheel eenduidig. Dit komt voornamelijk doordat de studies niet onder gelijke condities zijn uitgevoerd. Verder is uit onderzoek door Pauls (1995) naar de doorstroomsnelheid op trappen gebleken dat de doorstroomsnelheid (van trappen, gangen en uitgangen) afhankelijk is van de effectieve breedte en niet van de werkelijke breedte. Rekening houdend met de bepaling voor de effectieve vluchtbreedte komen de resultaten van de belangrijkste onderzoekers Fruin, Pauls, Nelson en MacLennan omtrent de doorstroomsnelheid wel nagenoeg overeen [Frantzich, 1994].

| |
|---|
| Doorstroomsnelheid (nood)uitgang: ongeveer 60 pers/m/min |
|---|

Volgens Frantzich (1994) stellen Fruin, Pauls, Nelson en MacLennan dat de doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen ongeveer 1 persoon per meter per seconde is, dat is 60 pers/m/min.

7.3.3 *Vluchtroutes/gangen*

Verschillende wetenschappers hebben onderzoek gedaan naar de invloed van loopafstanden op de routekeuze. De objectieve loopafstand tot aan een uitgang, dat kan indirect de lengte van gangen zijn, blijkt niet de meest bepalende factor te zijn voor de routekeuze.

Sadalla en Staplin (1980) [Løvås, 1998] hebben onderzoek gedaan naar de perceptie van de lengte van bepaalde routes. Uit dit onderzoek is gebleken dat routes met veel bochten als langer worden ervaren dan routes van dezelfde lengte, maar met weinig bochten. Op basis hiervan nemen zij aan dat een route langer wordt ervaren wanneer de persoon op deze route veel informatie te verwerken krijgt. Marchand (1974) [Løvås, 1998] heeft geconcludeerd dat bekende routes korter worden ervaren dan onbekende routes. Ook Sime en Kimura (1989) hebben ontdekt dat de objectieve loopafstand tot aan een uitgang niet de meest bepalende factor is voor de routekeuze [Gwynne e.a., 2001].

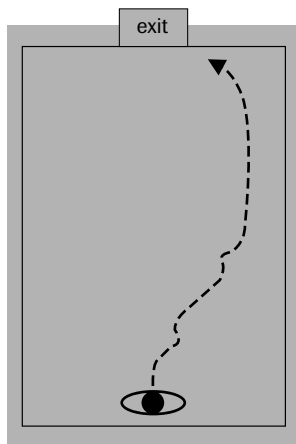
Verder hebben meerdere wetenschappers onderzoek gedaan naar de invloed van slecht zicht op het loopgedrag. Hierna zijn de resultaten weergegeven van experimenten waarbij is gekeken naar het loopgedrag in een donkere omgeving.

Bij experimenten met groepen van tien met oogmaskers geblindeerde studenten in een ruimte van 4,2 meter bij 5,5 meter is het volgende waargenomen [Isobe e.a., 2004; Nagai e.a., 2004]:

- Elke student draait zich eerst iets om en beweegt vervolgens richting een wand.
- Nadat een wand is bereikt, wordt willekeurig voor een linksgeoriënteerde of rechtsgeoriënteerde beweging gekozen.
- Vervolgens beweegt iedere student zich langs de wand.
- Wanneer een student onderweg een andere student tegenkomt, bewegen zij zich vervolgens samen langs de wand, beiden in dezelfde richting.
- Wanneer één of twee studenten de uitgang hebben bereikt, oriënteren de overige student zich vervolgens op basis van geluid en bewegen zij zich daarna sneller in de richting van de uitgang.
- De gemiddelde vluchttijd van tien geblindeerde studenten is 22,1 seconden, variërend van 9,8 seconden voor de eerste student en 34,4 seconden voor de laatste student.
- Bij individuele testen (ontvluchting door één geblindeerde student per test) is de gemiddelde vluchttijd 31,5 seconden; dit is aanzienlijk langzamer dan de gemiddelde vluchttijd van tien geblindeerde studenten.
- De gemiddelde vluchttijd van tien studenten zonder oogmasker is 6,54 seconden; dit is aanzienlijk sneller dan de gemiddelde vluchttijd van tien geblindeerde studenten.

De waarneming dat mensen geneigd zijn om langs wanden te lopen wanneer sprake is van slecht zicht [Gwynne e.a., 2001; Isobe e.a., 2004; Nagai e.a., 2004; Boer, 2002] is in figuur 7.5 gevisualiseerd.

Figuur 7.5 Neiging om langs wanden te vluchten in een ruimte met slecht zicht [Gwynne e.a., 2001]



Het verminderde zicht en de irritatie door rook zorgen er ook voor dat sommige mensen terugkeren of een andere vluchtroute kiezen. [Frantzich, 1994; SFPE, 2002]. De Japanse onderzoeker Jin heeft de invloed van rook op de loop-snelheid onderzocht.

Jin (1967; 1985; 1997) heeft diverse experimenten uitgevoerd in met rook gevulde ruimten [Frantzich, 1994]. Hiervoor zijn twee typen rook gebruikt: zeer irriterende rook, die is gegenereerd door de verbranding van houten pallets, en minder irriterende rook, die is gegenereerd door de verbranding van kerosine.¹⁰² Uit de testen is gebleken dat bij licht irriterende rook de loopsnelheid geleidelijk afneemt als de optische rookdichtheid toeneemt. Bij sterk irriterende rook daalt de loopsnelheid aanzienlijk als de optische rookdichtheid groter is dan 1,7 dB/m [Frantzich, 1994].

Jin stelt op basis van de hiervoor genoemde experimenten dat de zichtlengte¹⁰³ ten minste 3-5 meter moet zijn voor mensen die bekend zijn met de vluchtroute en ten minste 15-20 meter voor mensen die niet bekend zijn met de vluchtroute. Rasbash stelt, op basis van andere experimenten, dat de zichtlengte ten minste

102. Overigens is het zeer opmerkelijk dat de testpersonen aan de werkelijke effecten van brand zijn blootgesteld. Gezien de negatieve effecten van rook en verbrandingsgassen op de gezondheid komen dergelijke experimenten niet vaak voor.

103. Met de term zichtlengte wordt in dit verband bedoeld op de afstand waarbinnen objecten nog goed te zien zijn.

10 meter moet zijn, ongeacht de bekendheid met de omgeving [Frantzich, 1994]. Uitgaande van de voor de vluchtende persoon meest gunstige waarde, zoals door beide onderzoekers aangegeven, moet de zichtlengte ten minste 10 meter zijn voor mensen die bekend zijn met de vluchtroute en ten minste 15-20 meter voor mensen die niet bekend zijn met de vluchtroute.

7.3.4 Trappen

In gebouwen met meer verdiepingen zijn trappen een belangrijk element voor de mogelijkheid en snelheid van een ontvluchting. Uit de incidentverslagen van de twaalf meest fatale branden in Nederland¹⁰⁴ is gebleken dat ontvluchting via trappen niet altijd mogelijk is. Daar waar sprake was van een pand met meerdere bouwlagen bleek de hoofdtrap in bijna alle gevallen in open verbinding te staan met de gangen. Hierdoor verplaatsten de brand en de rook zich via het trappenhuis. In alle gevallen was de vluchtroute geblokkeerd door hitte en rook. In drie gevallen was de noodtrap slecht uitgevoerd.

Een klant heeft tijdens de brand in het Brusselse warenhuis Innovation (1967) angstige momenten in een trappenhuis meegemaakt. Zij was tijdens de ontvluchting samen met haar zoontje in het trappenhuis beland. Beiden hebben de brand overleefd. Veertig jaar later vertelt de vrouw enigszins aarzelend in een interview [Canvas, 2007]:

'Het leek wel een leger van steen. Niemand bewoog, niemand zei wat. En er hing een verschrikkelijke rook. Ik dacht: Ze zijn allemaal staande dood. Alle deuren rondom mij waren op slot. Dat vonden wij niet normaal. Alles was op slot. Net toen ik alle hoop had laten varen, hoorde ik de stem van een jonge brandweerman die zei: "Zijn hier nog levenden?" Ik heb toen met mijn laatste kracht mijn vinger opgestoken. Hij heeft me toen over zijn schouder gelegd, en me naar beneden gebracht, twee of drie verdiepingen lager. En daar legde hij me tussen de doden. Want er waren al veel doden.'

In (zeer) hoge gebouwen en in bijeenkomstgebouwen waar mensen doorgaans niet bekend zijn met de lay-out is het zeer aannemelijk dat veel van de aanwezigen nooit gebruikmaken van de noodtrappen, tenzij er een noodgeval is.

Uit interviews door Averill en anderen (2007) met overlevenden van de WTC-ramp van 9/11 is onder andere naar voren gekomen dat ongeveer de helft (51%) van de mensen die in het WTC aanwezig waren, voorafgaand aan de ramp nooit gebruik heeft gemaakt van een trappenhuis in het WTC [Averill e.a., 2007].

104. Zie bijlage 1 tabellen B7 en B8.

Net als bij de routekeuze in relatie tot (nood)uitgangen blijkt ook de routekeuze in relatie tot (nood)trappenhuizen sterk afhankelijk te zijn van de bekendheid van de aanwezigen met het betreffende trappenhuis [Benthorn & Frantzich, 1996]. Verder blijken noodtrappenhuizen die voorzien zijn van een noodontgrendeling gekoppeld aan een alarm niet gebruikt te worden vanwege een negatieve associatie [Benthorn & Frantzich, 1996].

Meerdere onderzoekers, waaronder Fruin en Pauls, hebben de loopsnelheid in trappen bestudeerd. Pauls heeft op basis van 21 casestudies van de ontvluchting uit hoge kantoorgebouwen een rekenmethode ontwikkeld [Proulx e.a., 2000]. De methode van Pauls wordt in de Amerikaanse wetgeving gehanteerd en is in het volgende tekstvak weergegeven [Pauls, 1995, in: Proulx e.a., 2000].

$$\text{Loopsnelheid in een trappenhuis (s)} = 1,08 - 0,29 \cdot d$$

waarin 's' de loopsnelheid is in m/s en 'd' de dichtheid van personen in pers/m²

De loopsnelheden op trappen voor verschillende leeftijdscategorieën die Fruin (1971) heeft gevonden zijn in de tabellen B13 en B14 in bijlage 1 weergegeven. In tabel B15 in bijlage 1 zijn de loopsnelheden voor verschillende leeftijdscategorieën weergegeven, zoals die door Weidmann (1993) worden gehanteerd [Rogsch e.a., 2007]. Beide studies, van zowel Fruin als Weidmann, betreffen de gegevens in normale situaties. De tabellen B16 tot en met B19 in bijlage 1 bevatten de door Fahe en Proulx (2001) verzamelde loopsnelheden, zoals gemeten in verschillende situaties, waaronder tijdens ontruimingsoefeningen in woon- en kantoorgebouwen.

Verschiedende onderzoekers, waaronder Bryan (1995) en Fruin (1971), hebben de invloed van tegenstromen in trappenhuizen onderzocht [Proulx e.a., 2000; Proulx, 2007]. Een tegenstroom ontstaat wanneer vluchtende personen in een trappenhuis naar beneden lopen om te vluchten en hulpverleners via hetzelfde trappenhuis naar boven lopen om mensen te redden en de brand te bestrijden.

Uit experimenten en incidentanalyses blijkt dat de loopsnelheid reduceert wanneer sprake is van een tegenstroom. Mensen die twee aan twee naast elkaar, of schuin naast elkaar, naar beneden lopen moeten één rij gaan vormen. Dit om plaats te maken voor de omhoog lopende rij personen. Hierdoor ontstaan opstoppen. In een experiment door Proulx e.a. (2000) moesten 28 personen bijvoorbeeld 34 seconden wachten voordat zij het trappenhuis konden binnengaan.

Proulx e.a. (1999; 2000) hebben de invloed van het verlichtingsniveau in trappenhuizen op de loopsnelheid onderzocht. Hiervoor zijn experimenten uitge-

voerd in de vorm van onaangekondigde ontvluchtingen via vier trappenhuizen in een dertien verdiepingen tellend kantoorgebouw. De vier trappenhuizen hadden verschillende verlichtingscondities.¹⁰⁵ De resultaten uit de experimenten zijn samengevat in de tabellen B20 tot en met B22 in bijlage 1. De loopsnelheden in de vier trappenhuizen komen nagenoeg overeen. In één trappenhuis werd de loopsnelheid echter vertraagd door een tegenstroom van hulpverleners die omhoog liepen. De resultaten van de loopsnelheden in de trappenhuizen zonder tegenstroom komen bovendien overeen met de berekende loopsnelheid conform de methode van Pauls.

Recente studies naar de ontvluchting uit hoge kantoorgebouwen (waaronder de evaluatie van de WTC-ramp van 9/11) hebben uitgewezen dat wanneer een gebouw volledig bezet is, de verplaatsingssnelheid doorgaans langzaam is [Proulx, 2007]. Dit is met name het geval in de trappenhuizen, aangezien mensen vanaf verschillende verdiepingen in het trappenhuis proberen te komen. De mensen die zich al in de trappenhuizen bevinden, hebben doorgaans het gevoel dat zij voorrang hebben en laten slechts één of weinig mensen toe in de drukke neergaande stroom in het trappenhuis.

De volgende factoren hebben een grote invloed op de (neerwaartse) vluchtsnelheid in een trappenhuis [Proulx, 2007]:

- grootte van het trappenhuis;
- bezettingsdichtheid in het trappenhuis;
- gelijktijdige ontvluchting vanaf meerdere verdiepingen;
- invoegen van vluchtende personen in de neergaande stroom (het 'ritsen' zoals bij files op de weg);
- voeren van kleine gesprekken onderling;
- gebruik van mobiele telefoons en BlackBerry's (of andere smartphones);
- vluchtende personen met overgewicht, extreem lange en kleine personen;
- ongeschikt schoeisel (knellende schoenen, hoge hakken en degelijke).

Het komt niet of nauwelijks voor dat een bezettingsdichtheid van 2,3 personen per m² wordt overschreden, en zelfs deze dichtheid komt slechts tijdelijk voor [Proulx, 2007]. Bij deze dichtheid is de loopsnelheid namelijk zeer laag.

7.3.5 *Samenvatting en beschouwing: lay-out*

Samenvatting: vluchtrouteaanduiding

Uit incidentevaluaties blijkt dat mensen veelal aanduidingen voor nooduitgangen negeren, ook al lijken deze zeer duidelijk te zijn. Bij brand leidt de huidige

105. Zie ook hoofdstuk 7.4.3.

locatie van vluchtrouteaanduidingen, te weten vlak onder het plafond, tot het onzichtbaar worden van de aanduidingen. Immers, rook verzamelt zich boven in een ruimte. De kleur van de vluchtrouteaanduidingen is geen bepalende factor voor de zichtbaarheid in rook. In rookvrije situaties is geconstateerd dat de opvallendheid van een vluchtrouteaanduiding ten opzichte van de 'ruis' in de omgeving van belang is. Uit diverse onderzoeken kan opgemaakt worden dat geluidssignalen bij uitgangen mogelijk de ontvluchting in een donkere ruimte versnellen. Andere innovatieve methodes voor vluchtrouteaanduiding in gebouwen zijn bijvoorbeeld fotoluminescente pictogrammen in vloeren, stroboscopische lichtbakens bij vluchtdeuren en led-lichtslangen in vloeren en wanden met een dynamisch verlichtingspatroon (lopende lichten). In de literatuur is echter geen informatie aangetroffen over de effectiviteit van dergelijke methodes bij ontvluchting in gebouwen.

Samenvatting: nooduitgangen en gangen

De keuze voor een bepaalde uitgang wordt veelal beïnvloed door de bekendheid van de persoon met het gebouw, de beschikbaarheid van uitgangen, de toegankelijkheid van de route naar de uitgang en de mate van complexiteit van deze route. Deuren die voorzien zijn van een noodontgrendeling gekoppeld aan een alarm blijken bij een ontvluchting niet gebruikt te worden vanwege een negatieve associatie. Bij fatale branden was in negen van de tien branden sprake van een afgesloten, verborgen of geblokkeerde uitgang. Verder is de draairichting van de deur van groot belang in ruimten met een hoge bezettingsdichtheid. Deuren die slechts van één zijde te openen zijn, leveren met name problemen op wanneer rook het trappenhuis binnendringt. Het is bij dergelijke deurconstructies voor de vluchtende personen namelijk niet mogelijk zelfstandig via een andere verdieping naar een rookvrij trappenhuis te vluchten.

Verschillende wetenschappers hebben onderzoek gedaan naar de invloed van loopafstanden op de routekeuze. De objectieve loopafstand tot aan een uitgang, dat kan indirect de lengte van gangen zijn, blijkt niet de meest bepalende factor te zijn voor de routekeuze. Verder is gebleken dat het verminderde zicht en de irritatie door rook ertoe leiden dat sommige mensen terugkeren of een andere vluchtroute kiezen. Ook lopen personen in een donkere ruimte niet langs de kortste route of in een rechte lijn. Verder blijkt uit diverse experimenten dat de loopsnelheid geleidelijk afneemt als de optische rookdichtheid toeneemt. Op basis van de testresultaten is gesteld dat de zichtlengte ten minste 10 meter moet zijn voor mensen die bekend zijn met de vluchtroute en ten minste 15-20 meter voor mensen die niet bekend zijn met de vluchtroute.

Samenvatting: trappen

In gebouwen met meer verdiepingen zijn trappen een belangrijk element voor de mogelijkheid en snelheid van een ontvluchting. Uit de incidentverslagen van de twaalf meest fatale branden in Nederland is gebleken dat ontvluchting via trappen niet altijd mogelijk is vanwege rookontwikkeling. Verder blijkt dat, net als bij de routekeuze in relatie tot (nood)uitgangen, de routekeuze in relatie tot (nood)trappenhuizen sterk afhankelijk is van de bekendheid van de aanwezigen met het betreffende trappenhuis. Noodtrappenhuizen die zijn voorzien van een noodontgrendeling gekoppeld aan een alarm worden veelal niet gebruikt vanwege een negatieve associatie. Uit recente studies naar de ontvluchting uit hoge kantoorgebouwen (waaronder de evaluatie van de WTC-ramp van 9/11) komt naar voren dat wanneer een gebouw volledig bezet is, de verplaatsingssnelheid doorgaans langzaam is. Bovendien daalt de loopsnelheid als trappenhuizen ook gebruikt worden voor de toetreding door hulpverleningsdiensten gedurende de ontvluchting. Andere factoren die een grote invloed hebben op de (neerwaartse) vluchtsnelheid in een trappenhuis zijn:

- grootte van het trappenhuis;
- bezettingsdichtheid in het trappenhuis;
- gelijktijdige ontvluchting vanaf meerdere verdiepingen;
- invoegen van vluchtende personen in de neergaande stroom (het 'ritsen' zoals bij files op de weg);
- voeren van kleine gesprekken onderling;
- gebruik van mobiele telefoons en BlackBerry's (of andere smartphones);
- vluchtende personen met overgewicht, extreem lange en kleine personen;
- ongeschikt schoeisel (knellende schoenen, hoge hakken en degelijke).

Beschouwing: vluchtrouteaanduiding

Incidentevaluaties en experimenten lijken aan te tonen dat de huidige uitvoering van vluchtrouteaanduidingen niet of nauwelijks van invloed is op de routekeuze bij ontvluchting. Er is te weinig informatie aangetroffen om een wetenschappelijk overtuigend bewijs te leveren, maar de aanwijzingen zijn zeer sterk te noemen. De weinige onderzoeken die zich richten op de invloed van de vluchtrouteaanduiding op de routekeuze tonen aan dat mensen zich nauwelijks realiseren dat er vluchtrouteaanduiding in een gebouw aanwezig is. De routekeuze lijkt voornamelijk bepaald te worden door de bekendheid met de route, de keuze van andere mensen in de omgeving en de perceptie van de omgeving. Het is vanuit deze kennis gezien zeer opmerkelijk dat diverse commissies van deskundigen zich jarenlang hebben beziggehouden met de vraag of de vluchtrouteaanduiding groen of rood moet zijn, en of een pictogram beter te begrijpen is dan een tekst. Dit lijkt in het geheel niet relevant te zijn voor de zelfredzaamheid bij brand.

De vragen voor onderzoek naar wayfinding bij brand zouden zich kunnen richten op de invloed van de huidige uitvoering van vluchtrouteaanduidingen op de routekeuze, de invloed van innovatieve vluchtrouteaanduidingen op de routekeuze en de motieven, drijfveren en perceptie van vluchtende personen ten aanzien van de routekeuze. Kortom: *waarom* kiezen mensen bij brand voor een bepaalde vluchtroute?

Beschouwing: nooduitgangen en gangen

In het huidige beleid ligt de nadruk bij uitgangen vooral op de doorstroomsnelheid per uitgangsbreedte, de draairichting en de minimale afstand tussen twee uitgangen wanneer meer dan één uitgang noodzakelijk is. Bij de invoering van het Bouwbesluit 2003 is discussie ontstaan over de doorstroomsnelheid van uitgangen. De discussie richt zich op de vraag of de doorstroomsnelheid in berekeningen gesteld kan worden op 90 personen per meter uitgangsbreedte per minuut of op 135 personen. De wetenschappelijke onderbouwing van deze waarden lijkt minder relevant te zijn. Al in 1949 is geconstateerd dat de aanname van 90 personen per meter¹⁰⁶ uitgangsbreedte niet wetenschappelijk onderbouwd is. Verder is toen ook al geconstateerd dat onvoldoende kennis leidt tot niet geheel verantwoorde eisen door de autoriteiten. Bijna zestig jaar geleden is gesteld dat de gouden handregels voor de berekening van uitgangen, trappen en andere vluchtwegen moeten plaatsmaken voor meer wetenschappelijk verantwoorde berekeningsmethodes. Helaas moet geconstateerd worden dat de tijd in dat opzicht bijna zestig jaar lijkt te hebben stilgestaan.

Diverse onderzoekers, onder wie Fruin, Pauls, Nelson en MacLennan, stellen dat de doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen ongeveer 1 persoon per meter per seconde is, dat is 60 pers/m/min. Deze waarde ligt veel lager dan de optimistischere waarden van 90 pers/m/min en 135 pers/m/min zoals die in de Nederlandse regelgeving worden gehanteerd.

Een pragmatische oplossing voor het gebruik van nooduitgangen in geval van brand zou zijn om de nooduitgangen ook in het normale gebruik als in- en uitgang te gebruiken. Er is namelijk geconstateerd dat mensen bij brand vooral de normale uitgang kiezen; dat is veelal de deur waardoor ze het gebouw zijn binnengekomen. Uit de literatuur kan echter niet opgemaakt worden of de voorgestelde pragmatische oplossing echt werkt. De reden hiervan is dat tot nu toe niet of nauwelijks onderzoek is gedaan naar de vraag *waarom* mensen niet via een (onbekende) nooduitgang vluchten maar via een bekende uitgang. In nadere studies naar wayfinding zouden de intenties, motieven en perceptie

106. Ook voor 135 personen per meter uitgangsbreedte is geen overtuigende wetenschappelijke onderbouwing.

van vluchtende personen onderzocht moeten worden. De informatie die uit dergelijk gedragsonderzoek naar voren komt, levert namelijk de input voor psychonomische brandveiligheidsmaatregelen. Anders gezegd: om de veiligheidsmaatregelen te laten aansluiten bij het werkelijke gedrag van mensen bij brand is het nodig kennis te hebben van de interactie tussen de techniek en de mens.

Beschouwing: trappen

De ervaringen uit incidenten maken duidelijk dat extra aandacht nodig is voor de uitvoering en het gebruik van trappenhuizen. De doorstroomsnelheid in trappenhuizen is doorgaans bepalend voor de totaal benodigde verplaatsingstijd. Het is daarmee van groot belang dat alle trappenhuizen (die in een vluchttijdberekening zijn meegenomen) door de aanwezigen gebruikt worden. Omdat de bekendheid met het trappenhuis een bepalende factor is voor de routekeuze, zou de meest pragmatische oplossing zijn om ook in de dagelijkse situatie gebruik te maken van alle beschikbare trappenhuizen, net zoals bij nooduitgangen is voorgesteld. In (zeer) hoge gebouwen is een dergelijke oplossing echter niet realistisch omdat mensen zich doorgaans via de lift verplaatsen en nauwelijks via trappen.

In noodsituaties is het echter wel noodzakelijk dat alle trappenhuizen (die in een vluchttijdberekening zijn meegenomen) gebruikt *kunnen* worden. Dit betekent onder andere dat gedurende de ontvluchting het trappenhuis vrij moet blijven van de nadelige effecten van brand. Uit de incidentverslagen blijkt namelijk dat bij alle fatale branden de hoofdtrap geblokkeerd was door hitte en rook. Met name de hoofdtrap in een gebouw, waarmee de meeste aanwezigen in een gebouw bekend zijn, moet zodanig zijn uitgevoerd dat de trap niet door rook en hitte worden geblokkeerd. Bij trappen in een atrium kan dit problematisch zijn. De methode om een dergelijke trap buiten de vluchttijdberekening te houden biedt geen oplossing, aangezien mensen veelal via deze trap het gebouw binnenkomen en daarmee naar verwachting in geval van brand ook via deze trap zullen vluchten.

Naar aanleiding van WTC 9/11 is het brandveiligheidsbeleid in de Verenigde Staten aangepast [22]. In het ontwerp van de ontvluchtingsmogelijkheden moet de gebouwomvang, de populatie en de gebruiksfunctie worden meegewogen. Verder moet de capaciteit en de breedte van de toegang tot het trappenhuis zodanig zijn dat een tegenstroom van hulpverleners mogelijk is. Bij gebouwen hoger dan 128 meter is een extra trappenhuis vereist.

Kortom, de aandacht van bouwtechnische uitvoerders en gebouwbeheerders moet allereerst gericht worden op de juiste uitvoering van trappenhuizen, opdat:

- de grootte van het trappenhuis is afgestemd op de maximale bezettingsdichtheid;
- voldoende ruimte beschikbaar is voor het veilig wachten om in de neergaande stroom vluchtende personen in te kunnen voegen;
- bij brand geen rook en hitte in het trappenhuis kan voorkomen.

7.4 GEBOUWTECHNISCHE ASPECTEN: INSTALLATIES

In deze paragraaf wordt ingegaan op installaties die de kans op overleving van een ontvluchting kunnen verhogen. Allereerst wordt de invloed van liften en roltrappen op het vluchten uit gebouwen besproken. Daarna wordt ingegaan op de invloed van brandmeld- en ontruimingsalarminstallaties. Vervolgens komt het effect van noodverlichting aan de orde. En tot slot wordt de invloed van sprinklerinstallaties op het vluchten uit gebouwen besproken.

7.4.1 *Liften en roltrappen*

In Canada [Proulx, 2002], maar ook in andere landen zoals Groot-Brittannië en Nederland, is de toegankelijkheid van gebouwen bij wet geregeld. Met name door de toepassing van liften, roltrappen en hellingbanen is de toegankelijkheid van gebouwen voor mensen (met lichamelijke beperkingen) verbeterd. In geval van brand is het gebruik van liften en roltrappen echter niet toegestaan. Belangrijkste reden hiervoor is dat vanwege mogelijke functie-uitval van de elektrische voorzieningen de vluchtmogelijkheid niet gegarandeerd kan worden. In geval van brand is de ontvluchting uit (hoge) gebouwen via trappen geregeld. Hierdoor zijn mensen met fysieke beperkingen bij ontvluchting veelal aangewezen op de hulp van anderen, of op bouwkundige voorzieningen die het veilig wachten op de redding van hulpverleningsdiensten mogelijk maken [Proulx, 2002].

In Nederland bestaat discussie over de gelijkwaardigheid van het vluchten via roltrappen ten opzichte van het vluchten via vaste trappen. In de NVBR-publicatie 'Brandbeveiligingsinstallaties' uit 2004 staat bijvoorbeeld vermeld dat de afmetingen van roltrappen niet voldoen aan het voor trappen gestelde in het Bouwbesluit, en dat een roltrap daarom nooit onderdeel kan uitmaken van een vluchtroute [Kramer, 2007]. In 2007 is een verkennend onderzoek in opdracht van het Landelijk Netwerk Preventie van de NVBR gepubliceerd dat ingaat op de vluchtveiligheid van roltrappen. Uit het verkennend onderzoek komt naar voren dat, op basis van de huidige beschikbare kennis, de grote mate van terughoudendheid voor het gebruik van roltrappen in vluchtwegen op zijn minst te betwisten is. Verder wordt gesteld dat de verkennende studie doet vermoeden dat gelijkwaardige toepassingen mogelijk zijn. Zo is het mogelijk

een roltrap zodanig uit te voeren dat deze voldoet aan de prestatie-eisen in het Bouwbesluit [Kramer, 2007].

Er zijn in de literatuur twee branden aangetroffen waarbij gebruikgemaakt werd van roltrappen.

Tijdens de brand in het ondergrondse metrostation King's Cross (Londen, 1987, Groot-Brittannië) moest metropersoneel voorkomen dat mensen de zichtbaar brandende roltrap gebruikten [Donald & Canter, 1990]. Hierbij werd het metropersoneel meerdere keren omvergeduwd. Ook toen de roltrap met tape was afgezet, verwijderden de reizigers de tape om toch de roltrap te gebruiken.

Tijdens een brand in het warenhuis Woolworth (Manchester, 1979) maakte 22% van het winkelend publiek en 5% van het personeel gebruik van de roltrap tijdens de ontvluchting [Benthorn & Frantzich, 1996].

Er is tot nu toe slechts weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de brand- en vluchtveiligheid van roltrappen. Vanuit het oogpunt van het menselijk gedrag bij brand is nader onderzoek naar het brand- en vluchtveilig maken van roltrappen zeker wenselijk.

Het idee om liften toe te passen voor ontvluchting speelt al sinds begin jaren negentig van de vorige eeuw [Proulx, 2001b]. Toch zijn in slechts beperkte mate empirische gegevens beschikbaar over de toepassing van de ideeën. Een interessant aspect hierbij is het menselijke gedrag bij brand wanneer men moet wachten op het openen van de liftdeuren. Zo is het maar de vraag of mensen bereid zijn mogelijk lange tijd te wachten als zij weten dat er een groot gevaar dreigt [Proulx, 2001b].

In de literatuur zijn twee branden aangetroffen waarbij in de evaluaties het gebruik van een lift is gerapporteerd, te weten de brand in de vliegterminal Düsseldorf (1996) en in de aanslag op de WTC-torens (New York, 2001).

Bij de brand in de aankomsthal van vliegterminal Düsseldorf (1996) zijn 17 mensen omgekomen en raakten 62 mensen gewond [Comeau, 1996]. Zeven slachtoffers zijn door de brandweer aangetroffen in twee liften, vijf in de ene, twee in de andere lift. Zij bevonden zich op het dak van de parkeergarage boven de aankomsthal. Toen zij rook uit de terminal zagen komen, besloten zij via de lift te vluchten. De lift kwam echter uit in de aankomsthal waar de brand was.

Uit de onderzoeken naar het vluchtgedrag bij de WTC 9/11-ramp (New York, 2001) is naar voren gekomen dat liften wel degelijk worden gebruikt, en in hoge gebouwen vele levens kunnen redden. Fahy en Proulx (2005) hebben gedurende 18 maan-

den 745 'uitspraken uit eerste hand' verzameld, zoals die in de media zijn aangetroffen. Omdat sommige uitspraken van eenzelfde persoon afkomstig waren, zijn uiteindelijk de uitspraken van 435 personen uit WTC-1 en WTC-2 verzameld.

Van de 202 personen uit WTC-1 die iets hebben gezegd over de wijze waarop ze zijn gevlucht, hebben 198 personen (98%) gebruikgemaakt van de trappen, één persoon heeft gebruikgemaakt van de liften en drie personen hebben gebruikgemaakt van zowel de liften als de trappen in de toren [Fahy & Proulx, 2005]. De persoon die via de lift is gevlucht gaf aan dat hij al in de lift zat toen de toren geraakt werd en dat de lift op een van de verdiepingen stopte. Hij kon daarna de lift weer gebruiken en heeft mensen van die verdieping naar de lobby gebracht. Twee van de drie personen die van zowel de lift als de trap gebruikmaakten, zaten eerst opgesloten in de lift op de 50e verdieping en hebben zichzelf kunnen bevrijden. Daarna zijn zij door brandweermensen naar een lift geleid die tot de 44e verdieping ging. Vervolgens zijn zij via de trap naar beneden gelopen. De derde persoon begeleidde een persoon van de 52e verdieping naar de 44e verdieping. Daar kon hij geen werkende lift naar beneden vinden en is via de trap naar beneden gelopen.

Van de 158 personen uit WTC-2 die iets hebben gezegd over de wijze waarop ze zijn gevlucht, hebben 114 personen (72%) gebruikgemaakt van de trappen, 18 personen (11%) van de liften en 26 personen (16%) van zowel de liften als de trappen in de toren [Fahy & Proulx, 2005]. Met name de personen die zich op de hogere verdiepingen in de toren bevonden bij de start van de ontvluchting hebben gebruikgemaakt van de lift. Van de totaal 44 personen die gebruik hebben gemaakt van de lift stapten 37 personen op de 78e verdieping in de lift en stapten zeven personen in vanuit de lobby's op de 44e tot en met de 78e verdieping.

Averill en anderen (2007) hebben meer dan 1000 overlevenden van de WTC-ramp van 9/11 geïnterviewd. Naar aanleiding van de interviewgegevens stellen de onderzoekers dat ongeveer 3000 levens in WTC-2 zijn gered door zelfstandige ontvluchting en het gebruik van liften gedurende de eerste 16 minuten [Averill e.a., 2007].

Om bij brand op veilige wijze gebruik te kunnen maken van liften is het nodig de liften brandveilig uit te voeren. Met een brandveilige lift wordt een lift bedoeld waarmee mensen tijdens brand veilig kunnen vluchten [Proulx, 2001b]. Hoewel liften momenteel tijdens ontvluchting niet gebruikt mogen worden, kan het gebruik van liften in hoge gebouwen de ontvluchting versnellen. Om liften bij ontvluchting te kunnen toepassen, zou de voorwaarde moeten zijn dat het gebouw volledig gesprinklerd is. Verder moet speciale aandacht besteed worden aan rookcompartimentering, opdat de rook zich niet verspreidt naar de liftschacht en de wachtruimte voor de liftschacht. Ook moet een brandveilige lift voorzieningen hebben die beschermen tegen hitte, water en stroomuitval. Zo is het nodig om de liftschacht en de wachtruim-

ten uit te voeren als een brandcompartiment¹⁰⁷ [Proulx, 2001b; Black, 2002] en overdruk te creëren in de liftschacht en de wachtruimte.¹⁰⁸ Verder moet de lift zijn aangesloten op een noodstroomvoorziening¹⁰⁹ en moet de lift kunnen functioneren in een vochtige omgeving¹¹⁰ [Proulx, 2001b].

Technisch gezien is het mogelijk brandveilige liften te installeren in gebouwen, denk bijvoorbeeld aan liften die zijn uitgevoerd als brandweerlift [Proulx, 2001b]. Het organisatorische aspect van ontvluchting via liften kan daarentegen zeer complex zijn. Zo moet worden bepaald wie tijdens de ontvluchting van de liften gebruik mag maken, zoals bijvoorbeeld alleen de minder mobiele personen, en wie via de trappen moet vluchten. Met name wanneer veel mensen tegelijkertijd moeten vluchten, speelt het management een belangrijke rol. Bovendien moet de wachtruimte groot genoeg zijn om de aantallen wachtende mensen te kunnen opvangen. Daarnaast moet er in geval van calamiteiten overgeschakeld worden naar een gewijzigd liftplan. Een mogelijkheid is om eerst de verzoeken van de brandende etage te accepteren, daarna die van de bovenliggende etages en vervolgens die van de onderliggende etages [Proulx, 2001b].

Een brandveilige wachtruimte wordt in de Engelstalige literatuur aangeduid met de term *area of refuge*. De veiligheid van een dergelijke ruimte hangt af van het type brand en de effecten waaraan mensen worden blootgesteld, de weersconditie buiten (wind en temperatuur en dergelijke, die invloed kunnen hebben op de brandontwikkeling), het bouwkundig ontwerp van de ruimte en de inrichting en de betrouwbaarheid van de toegepaste installaties voor rookbeheersing. Een brandveilige wachtruimte moet bijvoorbeeld uitgevoerd zijn als een brand- en rookvrije ruimte. Zonder toepassing van een rookbeheersingsinstallatie, zoals een overdrukinstallatie, kan een dergelijke wachtruimte zelfs gevaarlijk zijn. Verder valt te twijfelen aan de veiligheid van wachtruimten zonder tweede vluchtmogelijkheid, aangezien de mensen in de ruimte uiteindelijk moeten kunnen vluchten of gered moeten worden. Een ander punt van aandacht is de mogelijkheid dat mensen niet op tijd de veilige wachtruimte kunnen bereiken, aangezien de omgevingsconditie in de route ernaartoe mogelijk levensbedreigend kan zijn. Verder is de bereidheid van mensen om dergelijke wachtruimten te gebruiken en om te wachten op redding het cruciale aspect voor de acceptatie en het gebruik van veilige wachtruimten. Daarom moeten ook voorzieningen aanwezig zijn die van invloed kunnen zijn op de acceptatie van mensen om in de ruimte te blijven wachten in geval van

107. Om te voorkomen dat er branddoorslag of brandoverslag plaatsvindt naar de liftschacht en de wachtruimten.

108. Om rook buiten te houden.

109. Opdat de lift bij stroomuitval blijft functioneren.

110. Opdat geen gevaarlijke situaties ontstaan als gevolg van het activeren van sprinklerkoppen.

een levensbedreigend incident. Hierbij valt te denken aan communicatievoorzieningen, een raam met zicht naar buiten, de aanwezigheid van stoelen en dergelijke [Proulx, 2001b; Black, 2002].

7.4.2 *Brandmeld- en ontruimingsalarminstallaties*

Uit onderzoeken blijkt dat mensen die in een groot gebouw aanwezig zijn doorgaans een brandalarmsignaal negeren, ongeacht welk type signalering het betreft [Proulx & Richardson, 2002]. Dit gedrag wordt vooral veroorzaakt doordat de signalen (te) vaak afgaan of 'loos' blijken te zijn. Uit Amerikaanse statistieken blijkt dat in 45% van de ongewenste (loze) meldingen sprake is van een technische storing (slecht onderhoud). In 27% van de alarmeringen is sprake van een onbedoelde melding (zoals activering door waterdamp in plaats van door rook). In 15,8% van de gevallen is sprake van baldadigheid en in 12,2% is sprake van een andere melding, zoals een bomdreiging en dergelijke [Proulx & Richardson, 2002]. Verder kan de oorzaak liggen in de onjuiste interpretatie van het alarmsignaal.

Uit een onderzoek dat in Ottawa (Ontario, Canada) is uitgevoerd [Proulx & Laroché, 2001], bleek dat slechts 6% van de onderzochte populatie (N=307) het in Canada en Noord-Amerika voorgeschreven T-3-signaal herkende als brandalarm. Van de andere geteste signalen herkende 98% de claxon, 71% het achteruitrijdsignaal van een auto, 50% de bel, 71% het slow-whoop-signaal en 2% de buzzer.¹¹¹ Uit een onderzoek door Tong en Canter (1985) bleek 45% van de geïnterviewden het geluid van een brandalarm niet van andere signalen te kunnen onderscheiden.

Alarmering met een gesproken bericht, ofwel via een communicatiesysteem ofwel via personeel, wordt door aanwezigen in een gebouw het meest serieus genomen [Proulx & Richardson, 2002; SFPE, 2002]. Vooraf opgenomen teksten die bij een alarmering automatisch afgespeeld worden, blijken daarentegen niet effectief en zelfs gevaarlijk¹¹² te zijn [Proulx & Richardson, 2002]. Ook wanneer de boodschap te complex is, zijn mensen minder snel geneigd te starten met de ontvluchting [Sandberg, 1997].

Tijdens onaangekondigde ontruimingsoefeningen in een ondergronds station bleek de ontvluchting na een alarmering met een gesproken bericht binnen 1 minuut op

111. Voor het beluisteren van de verschillende signalen uit het onderzoek, zie http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/ci/v6no4_sounds/sounds_e.html.

112. Bijvoorbeeld als bij brand of rook in het noodtrappenhuis in het vooraf opgenomen bericht wordt gezegd via de nooduitgangen te vluchten. In een dergelijk geval is het niet veilig om via het noodtrappenhuis te vluchten en zullen de aanwezigen via de normale uitgangen moeten vluchten.

gang te komen. Bij een alarmering zonder aanvullende informatie en met alleen een alarmsignaal waren veel van de aanwezigen na 15 minuten nog niet gestart met de ontvluchting [SFPE, 2002].

Wanneer het ontruimingsalarm echter na activering weer wordt uitgezet, zullen de vluchtende personen stoppen met de ontvluchting.

Tijdens een studie naar de ontvluchting uit een woongebouw werd het ontruimingsalarm uitgeschakeld om communicatie tussen brandweerpersoneel onderling mogelijk te maken. Op de beelden van de videocamera die bij het onderzoek gebruikt werd, was te zien dat de bewoners daarna stopten met de ontvluchting en naar hun woning terugkeerden. De bewoners dachten namelijk dat het gevaar over was, aangezien het alarm was uitgezet [Proulx, 2000].

Verder wijst onderzoek uit dat onderlinge communicatie tussen vluchtende personen van groot belang is voor de effectiviteit van de ontvluchting. Hiervoor is het belangrijk dat het geluidsniveau van het ontruimingssignaal, in het bijzonder in gangen en trappenhuizen, zodanig is dat onderlinge communicatie mogelijk blijft [Proulx & Richardson, 2002].

Een brandmeldsignaal is alleen zinvol als het signaal ook waargenomen en opgevolgd wordt. Bruck heeft diverse studies met elkaar vergeleken en trekt de volgende conclusies [Bruck, 2001]:

- Het is onwaarschijnlijk dat jonge kinderen ontwaken bij een geluidsniveau van 75 dBA.
- Mensen met een slaapachterstand zullen moeilijker gewekt kunnen worden.
- Significante achtergrondgeluiden maken het ontwaken door een rookmelder moeilijker.
- 25% van de personen ouder dan 60 jaar zal waarschijnlijk niet ontwaken bij alarm met een geluidsniveau van 55 dBA en 10% van de personen ouder dan 70 jaar zal waarschijnlijk niet ontwaken bij alarm met een geluidsniveau van 75 dBA (vanwege het gehoorverlies van ouderen bij hogere frequenties).
- Er zijn significante individuele verschillen in de ontwaakgrens.
- Als het type alarm of de geluidsintensiteit onvoldoende afwijkt van andere geluiden, zullen slapende personen moeilijker ontwaken.
- Mensen die onder invloed zijn van slaapmedicatie zullen waarschijnlijk niet ontwaken bij een geluidsniveau van 75 dBA (slaapmedicatie wordt door veel ouderen gebruikt).
- Mensen die onder invloed zijn van alcohol of drugs (marihuana) zullen waarschijnlijk moeilijker door een rookmelder ontwaken dan mensen die niet onder invloed zijn (aangezien het slaappatroon bij mensen onder invloed anders is en er sprake zal zijn van een diepere slaap).

Om het aantal slachtoffers bij brand tijdens de slaaperperiode te beperken, beveelt Bruck aan rookmelders toe te passen die op het kussen het voor de mens maximaal te verdragen geluidsniveau genereren. Het maximaal te verdragen geluidsniveau is ongeveer 90 dBA. Dit betekent onder andere dat rookmelders (met geïntegreerd alarmsignaal) in de slaapkamers geplaatst moeten worden. Een mogelijk nadeel van rookmelders met een geluidsniveau van 90 dBA is dat de geluidsintensiteit zodanig is dat men niet in de ruimte kan blijven. Onderzoek naar alarmering in gangen met een dergelijke intensiteit heeft uitgewezen dat de ondraaglijkheid van het geluid een groot probleem kan zijn. Volgens Bruck (2001) is de informatie in de literatuur over het ontwaken door rookmelders echter nog niet volledig.

7.4.3 Noodverlichting

Proulx e.a. (1999; 2000) hebben de invloed van het verlichtingsniveau in trappenhuisen op de loopsnelheid onderzocht. Hiervoor zijn experimenten uitgevoerd door middel van onaangekondigde ontvluchtelingen via vier trappenhuisen in een dertien verdiepingen tellend kantoorgebouw. De vier trappenhuisen hadden verschillende verlichtingscondities:

- A: Noodverlichting, 57 lux;
- B: Normale verlichting, 245 lux;
- C: Fotoluminescente borden (FL),¹¹³ hangend aan plafond, 45x15 cm,
- D: Fotoluminescente borden (FL) met noodverlichting, 74 lux.

In de experimenten is onder andere de kwaliteit van de verlichtingscondities onderzocht. De resultaten van de experimenten zijn in de tabellen B20 tot en met B22 in bijlage 1 opgenomen.

De kwaliteit van de normale verlichting (245 lux) en de fotoluminescente borden met noodverlichting (74 lux) wordt door de vluchtende personen als 'zeer goed' tot 'acceptabel' beschouwd. Het merendeel vindt ook de noodverlichting (57 lux) 'zeer goed' tot 'acceptabel'. De kwaliteit van de verlichting met fotoluminescente borden (hangend aan plafond, 45 x 15 cm) wordt als minder goed beschouwd. Bijna een derde van de vluchtende personen beoordeelt de kwaliteit namelijk als 'slecht' tot 'gevaarlijk'. Hieronder is de volledige beoordeling in procentuele waarden weergegeven [Proulx e.a. 1999; 2000].

De kwaliteit van de noodverlichting (57 lux) en de normale verlichting (245) wordt door het merendeel als 'zeer goed' beschouwd (55%, respectievelijk 60%). 38%, res-

113. In de periode voor de ontvluchting werden de borden door normale verlichting 'opgeladen', vlak voor het ontruimingssignaal werd de normale verlichting uitgezet.

pectievelijk 40% vindt de kwaliteit 'acceptabel'. 7% vindt de kwaliteit van de verlichting met noodverlichting (57 lux) 'slecht'. De kwaliteit van de verlichting met fotoluminescente borden (hangend aan plafond, 45x15 cm) en de fotoluminescente borden met noodverlichting (74 lux) wordt door de helft van de vluchtende personen als 'acceptabel' beschouwd. De fotoluminescente borden met noodverlichting (74 lux) worden door de overige helft van de personen als 'zeer goed' beoordeeld. De verlichting met fotoluminescente borden (hangend aan plafond, 45x15 cm) wordt door 20% als 'zeer goed' beschouwd. 15% vindt de kwaliteit echter 'slecht' en de overige 15% vindt de kwaliteit zelfs 'gevaarlijk' [Proulx e.a. 1999; 2000].

Uit onderzoek door Proulx e.a. (2000) komt verder naar voren dat zelfs wanneer de noodverlichting functioneert, vluchtende personen ervaren dat zij in volledige duisternis vluchten. Dat gangen en trappenhuizen en dergelijke bij het functioneren van de noodverlichting toch als donkere ruimten worden ervaren komt veelal door de rookontwikkeling. Aangezien de verlichtingsarmaturen doorgaans in het plafond of boven aan de wanden aangebracht zijn, wordt het licht namelijk door de rooklaag boven in de ruimten weerkaatst. Hierdoor is de verlichtingssterkte op ooghoogte en daaronder zeer minimaal en onvoldoende [Proulx e.a., 2000].

7.4.4 *Sprinklersysteem*

Proulx (2001b) stelt dat de toepassing van een sprinklersysteem een zeer veilige, levensbeschermende voorziening is, met name in gebouwen waarin verminderd tot niet zelfstandig mobiele personen verblijven. Een goed ontworpen en onderhouden sprinklersysteem kan in veel gevallen de uitbreiding van een beginnende brand beperken of de brand zelfs blussen. Daarmee wordt de bedreigtijd (ASET) verlengd en is meer tijd beschikbaar voor ontvluchting. Het onderhoud van het sprinklersysteem speelt een bepalende rol voor de werking van het systeem.¹¹⁴ Een sprinklersysteem wordt mogelijk niet geactiveerd bij een smeulbrand, terwijl de rookontwikkeling van een dergelijke brand zeer levensbedreigend kan zijn. De koppeling van het sprinklersysteem op een brandmeldsysteem biedt bij dergelijke situaties een oplossing. Verder blijft het noodzakelijk dat de aanwezigen in een gebouw gealarmeerd worden bij activering van het sprinklersysteem, aangezien een geactiveerde sprinkler de rooklaag naar beneden kan drukken, waardoor mogelijk een levensbedreigende situatie ontstaat. Ontvluchting bij brand in een gesprinklerd gebouw blijft daarmee noodzakelijk. Toch zullen bij een sprinklerbeheerste brand doorgaans minder mensen aan de effecten van brand blootgesteld worden, en zal de gevaarsdreiging minder ernstig zijn dan bij brand in een gebouw zonder sprinkler [Proulx, 2001b].

114. Dit geldt ook voor bouwkundige voorzieningen.

Volgens de Amerikaanse statistieken heeft een aanwezig automatisch blussysteem in de periode 1999-2002 in 7% van de branden niet gefunctioneerd [NFPA, 2005]. In bijna alle gevallen was het falen veroorzaakt door menselijk handelen en niet door technisch falen. In tweederde van de gevallen waarin de sprinkler niet functioneerde, was het systeem voorafgaand aan de brand door de gebouwbeheerder uitgeschakeld. De technische faalkans van een automatisch blussysteem is bijna nihil. De technische faalkans van fysieke compartimentering is niet voor alle typen branden bekend. Uit een analyse van 69 branden met een schade van meer dan 1 miljoen euro [Jong e.a., 2003] komt naar voren dat bij 30% van de gecompartmenteerde gebouwen de brandcompartimentering tijdens de brand faalde. Verder blijkt uit audits door de VROM-Inspectie en het NIFV [VROM, 2004; VROM, 2006; VROM, 2007; Weges, 2006a; Weges, 2006b] dat het slecht gesteld is met de technische uitvoering van brandcompartimenten. Daarmee kan worden verondersteld dat de technische faalkans van fysieke compartimentering vele malen hoger is dan de faalkans van automatische blussystemen.

Uit Amerikaanse statistieken blijkt dat in logiesgebouwen het aantal dodelijke slachtoffers per 1000 branden met 100% is gereduceerd wanneer het gebouw is voorzien van een automatisch blussysteem [NFPA, 2006a]. Bij branden in gezondheidszorggebouwen is het aantal dodelijke slachtoffers met 87% gereduceerd [NFPA, 2006b]. De materiële schade als gevolg van brand in kantoorgebouwen, gezondheidszorggebouwen en logiesgebouwen is 60-65% lager wanneer het gebouw is voorzien van een automatisch blussysteem [NFPA, 2006a-c]. In horecagebouwen is de materiële schade 53% lager als is voorzien in een automatisch blussysteem [NFPA, 2007].

Bij branden in kantoorgebouwen in de Verenigde Staten in de periode 1994-1998 was 25% van de gebouwen voorzien van een automatisch blussysteem [NFPA, 2006a]. De materiële schade per brand in gebouwen met een dergelijk blussysteem was 60% lager dan de materiële schade per brand in gebouwen zonder een automatisch blussysteem. Bij branden in horecagebouwen (1994-1998) was 29% van de gebouwen voorzien van een automatisch blussysteem [NFPA, 2007]. In horecagebouwen met automatisch blussysteem was de materiële schade per brand 65% lager dan in horecagebouwen zonder automatisch blussysteem.

Bij branden in gezondheidszorggebouwen in de Verenigde Staten in de periode 1994-1998 was 61% van de gebouwen voorzien van een automatisch blussysteem [NFPA, 2006b]. Het aantal dodelijke slachtoffers per 1000 branden was 87% lager wanneer het gebouw was voorzien van een automatisch blussysteem ten opzichte van gebouwen zonder automatisch blussysteem. De materiële schade per brand in gezondheidszorggebouwen met automatisch blussysteem was 65% lager dan in gebouwen zonder automatisch blussysteem.

Bij branden in logiesgebouwen in de Verenigde Staten in de periode 1994-1998 was 34% van de gebouwen voorzien van een automatisch blussysteem [NFPA, 2006c]. De branden in logiesgebouwen met dergelijk blussysteem hebben niet geleid tot dodelijke slachtoffers. Bij branden in logiesgebouwen zonder automatisch blussysteem waren 7,7 doden per 1000 branden te betreuren. Het aantal dodelijke slachtoffers per 1000 branden was daarmee 100% lager wanneer het gebouw was voorzien van een automatisch blussysteem. De materiële schade in gebouwen met een automatisch blussysteem was 53% lager.

Dat de effecten van een sprinklerbeheerste brand minder ernstig zijn dan de effecten van een brand in een gebouw zonder sprinkler, blijkt ook uit een reconstructie van de brand in The Station Nightclub [Bryner e.a., 2007].

Bij de brand in The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003) zijn honderd dodelijke slachtoffers gevallen en honderden anderen raakten gewond. [Bryner e.a., 2007]. Een bijzonder detail is dat het ontstaan van de brand en de verdere uitbreiding van de brand op videobeelden zijn vastgelegd. Het Amerikaanse NIST heeft, mede op basis van de videobeelden, uitgebreid onderzoek gedaan naar de brandontwikkeling in de nachtclub. Zo zijn brandtesten uitgevoerd in een testopstelling op ware grootte die een zo precies mogelijke replica is van de oorspronkelijke ruimte waarin de brand is ontstaan. In deze testopstelling zijn meerdere brandtesten uitgevoerd. In een van de brandtesten is een sprinklerinstallatie ingebouwd, die in de oorspronkelijke situatie niet aanwezig was. Binnen 114 seconden was de gereconstrueerde brand door de sprinklerinstallatie geblust [Bryner e.a., 2007].

De resultaten uit de brandtesten zijn vergeleken met brandsimulaties van de gereconstrueerde brand in het computerprogramma FDS [Bryner e.a., 2007]. In de berekeningen in de simulaties is onder andere gekeken naar aspecten die de overlevingskansen bepalen, zoals de temperatuur van de gassen in de ruimte en het zuurstofgehalte. Uit de simulatie van de brand met toepassing van de sprinklerinstallatie is naar voren gekomen dat, gezien de beperkte branduitbreiding en de relatief lage temperatuur in de ruimte, de maximale waarden niet zijn overschreden en de aanwezigen in de ruimte de brand zeer waarschijnlijk zouden hebben overleefd [Bryner e.a., 2007].

Naar aanleiding van de testresultaten met betrekking tot de brand in The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003) doet het NIST een aantal aanbevelingen die gericht zijn op het aanpassen van de regelgeving. Een van de belangrijkste aanbevelingen is om in alle nieuwe nachtclubs, ongeacht hun omvang, en in alle bestaande nachtclubs met een gebouwbezetting van meer dan 100 personen, een automatisch sprinklersysteem conform NFPA 13 te eisen [Bryner e.a., 2007]. In Nederland wordt in het Bouwbesluit voor geen enkel type gebouw of gebruik een sprinklersysteem geëist.

7.4.5 *Samenvatting en beschouwing: installaties*

Samenvatting

In Nederland bestaat discussie over de gelijkwaardigheid van het vluchten via roltrappen ten opzichte van het vluchten via vaste trappen. In de NVBR-publicatie *Brandbeveiligingsinstallaties* uit 2004 staat bijvoorbeeld vermeld dat de afmetingen van roltrappen niet voldoen aan het voor trappen gestelde in het Bouwbesluit, en dat een roltrap daarom nooit deel kan uitmaken van een vluchtroute. Uit incidentevaluaties lijkt naar voren te komen dat mensen bij brand wel degelijk gebruik (willen) maken van roltrappen. Hetzelfde geldt voor liften. Naar aanleiding van de interviewgegevens stellen de onderzoekers dat ongeveer 3000 levens in WTC-2 zijn gered door zelfstandige ontvluchting en het gebruik van liften gedurende de eerste 16 minuten. Om bij brand op veilige wijze gebruik te kunnen maken van roltrappen en liften is het nodig deze brandveilig uit te voeren.

Uit onderzoeken blijkt dat mensen die in een groot gebouw aanwezig zijn doorgaans een brandalarmsignaal negeren, ongeacht welk type signalering het betreft. Uit Amerikaanse statistieken blijkt in 45% van de ongewenste (loze) meldingen sprake te zijn van een technische storing (slecht onderhoud). Alarmering met een gesproken bericht, ofwel via een communicatiesysteem ofwel via personeel, wordt door aanwezigen in een gebouw het meest serieus genomen. Wanneer het ontruimingsalarm echter na activering weer wordt uitgezet, zullen de vluchtende personen stoppen met de ontvluchting.

Uit experimenten in een trappenhuis met een noodverlichting van 57 lux blijkt dat het zicht als 'zeer goed' tot 'acceptabel' wordt beschouwd. Uit incidentevaluaties blijkt echter dat zelfs wanneer de noodverlichting functioneert, vluchtende personen ervaren dat zij in volledige duisternis vluchten. Dit komt veelal door de rookontwikkeling. Aangezien de verlichtingsarmaturen doorgaans in het plafond of boven aan de wanden aangebracht zijn, wordt het licht namelijk door de rooklaag boven in de ruimten weerkaatst. Hierdoor is de verlichtingssterkte op ooghoogte en daar beneden zeer minimaal of zelfs nihil. Het zou mogelijk effectiever zijn de noodverlichting op vloer- of taillenniveau aan te brengen.

Een sprinklersysteem wordt als een zeer veilige, levensbeschermende voorziening gezien, met name in gebouwen waarin verminderd tot niet zelfstandig mobiele personen verblijven. Een goed ontworpen en onderhouden sprinklersysteem kan in veel gevallen de uitbreiding van een beginnende brand beperken of de brand zelfs blussen. Daarmee wordt de bedreigtijd (ASET) verlengd en is meer tijd beschikbaar voor ontvluchting. De faalkans van fysieke compartimentering lijkt zeer hoog te zijn (30% bij miljoenenbranden). De faalkans

van een sprinklerinstallatie is zeer laag (7%). In twee derde van de gevallen waarin de sprinkler niet functioneerde, was het systeem voorafgaand aan de brand door de gebouwbeheerder uitgeschakeld.

Naar aanleiding van de brand in The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003) zijn brandtesten uitgevoerd in een testopstelling op ware grootte. Uit deze brandtesten blijkt dat de toepassing van een sprinklerinstallatie het grote aantal doden bij de brand had kunnen voorkomen. Het NIST doet daarom de aanbeveling om in alle nieuwe nachtclubs, ongeacht hun omvang, en in alle bestaande nachtclubs met een gebouwbezetting van meer dan 100 personen, een automatisch sprinklersysteem conform NFPA 13 te eisen. In Nederland wordt enkel vanuit milieuveiligheid bij de opslag van gevaarlijke stoffen in sommige gevallen een sprinklersysteem geëist. De toepassing van een sprinklersysteem om de veiligheid van aanwezigen in gebouwen te kunnen waarborgen is in Nederland vooralsnog voor geen enkel type gebouw of gebruik vereist.

Beschouwing over beleid

Het is gewenst in het huidige beleid meer aandacht te schenken aan de voordelen van een sprinklersysteem ten opzichte van fysieke compartimentering. Uit persoonlijke ervaringen van de auteur en uit diverse praktijkstudies door onderzoekers van het NIFV en de VROM-Inspectie blijkt dat het met de technische uitvoering van compartimenten vaak al tijdens de bouw verkeerd gaat. En ook wanneer de compartimentering tijdens de bouw correct is uitgevoerd, blijkt de handhaving van de technische uitvoering problemen op te leveren. Zo worden tijdens het gebruik van het gebouw nieuwe installaties aangebracht, waarvoor doorvoeringen in brandwerende scheidingen worden aangebracht zonder deze brandveilig uit te voeren, en worden zelfsluitende deuren voorzien van keggen of wordt de brandveilige werking op een andere wijze onklaar gemaakt.

Het effect van een sprinklerinstallatie, namelijk het in een zeer vroeg stadium beperkt houden van de brand, of zelfs het blussen van de brand, heeft een grotere invloed op de overlevingskansen bij brand dan het effect van fysieke compartimentering. Bij de toepassing van een sprinklersysteem zal de kans op een volledige brandontwikkeling, waarbij sprake is van een hitte van 1000 tot 1200°C, zeer gering zijn ten opzichte van fysieke compartimentering.¹¹⁵ Experimenten, bijvoorbeeld na de brand in The Station Nightclub (West Warwick, Rhode Island, 2003), tonen aan dat de toepassing van een sprinklerinstallatie het grote aantal dodelijke slachtoffers had kunnen voorkomen. Uit Ameri-

115. Zie figuur 5.1 in hoofdstuk 5.1.

kaanse statistieken blijkt bovendien dat het aantal dodelijke slachtoffers in gezondheidzorggebouwen en logiesgebouwen 87-100% lager is wanneer het gebouw is voorzien van een automatisch blussysteem. Verder kan de materiële schade met 53% tot 65% gereduceerd worden.

In Nederland wordt in de bouwregelgeving voor geen enkel gebouwtype een sprinklerinstallatie geëist. Dit komt doordat de huidige bouwregelgeving uitgaat van bouwkundige oplossingen met behulp van compartimentering om de brand- en rookontwikkeling te beperken. Specifieke brandbeveiligingsinstallaties, zoals brandmeldinstallaties, rook- en warmteafvoerinstallaties en sprinklerinstallaties, vormen geen onderdeel van de bouwregelgeving en kunnen als een gelijkwaardige oplossing worden aangevoerd. Overigens worden sommige brandbeveiligingsinstallaties vanuit het gebruik van een gebouw wel geëist in gemeentelijke bouwverordeningen¹¹⁶ en in het nog niet van kracht zijnde Gebruiksbesluit. Dit is opmerkelijk aangezien andere installaties die betrekking hebben op het gebruik van een gebouw, zoals verlichting en liften, wel onderdeel zijn van het Bouwbesluit. Bovendien zijn andere brandveiligheidsvoorzieningen in het Bouwbesluit ook gekoppeld aan gebruiksfuncties, waardoor geen belemmering aanwezig is om de brandbeveiligingsinstallaties in het Bouwbesluit op te nemen. Aangezien sprinklerinstallaties met name in gebouwen met een hoog risico op fataliteit bij brand levens kunnen redden, is vanuit de veiligheid beschouwd de aanbeveling om in het Bouwbesluit voor dergelijke gebruiksfuncties een sprinklerinstallatie verplicht te stellen. Gebouwen met een hoog risico op fataliteit bij brand zijn woongebouwen, logiesgebouwen, cellengebouwen, verzorgingsgebouwen en bijeenkomstgebouwen met een hoge bezettingsdichtheid.

Verder is de aanbeveling een sprinklerinstallatie verplicht te stellen voor gebouwen hoger dan 70 meter. Vooralsnog wordt voor de ontvluchting vanuit hoge gebouwen uitgegaan van een gelijkwaardige veiligheid ten opzichte van de prestatie-eisen voor de ontvluchting uit gebouwen lager dan 70 meter. In hoge gebouwen is het echter belangrijker de brand- en rookontwikkeling zo beperkt mogelijk te houden, en daarmee de bedreigtijd te beïnvloeden, dan de aandacht te richten op een snelle ontvluchting. Immers, als het direct door brand bedreigde gebied zo beperkt mogelijk wordt gehouden, is er voor de mensen in het niet direct bedreigde gebied geen acute noodzaak voor ontvluchting. Op een later moment, wanneer het beperkte aantal mensen uit het bedreigde gebied is gevlucht, of door hulpverleners is gered, kan de eventuele ontruiming van het niet direct bedreigde gebied plaatsvinden. Bij deze ontruiming is de snelheid van de ontruiming niet of nauwelijks meer van belang.

116. De brandveiligheidsregels in de (gemeentelijke) Modelbouwverordening van de VNG worden vervangen door het landelijk geldende Gebruiksbesluit. Naar verwachting zal het Gebruiksbesluit medio 2008 in werking treden.

Beschouwing over onderzoek

Er is tot nu toe slechts weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de brand- en vluchtveiligheid van roltrappen en liften. Vanuit het oogpunt van het menselijk gedrag bij brand is nader onderzoek naar het brand- en vluchtveilig maken van roltrappen en liften zeker wenselijk. Ook het vluchten via roltrappen en liften in omhooggaande richting, bijvoorbeeld vanuit een ondergrondse ruimte, verdient nader onderzoek. Mogelijk gaat het omhoog vluchten via roltrappen makkelijker en sneller dan via trappen. Immers, uit de evaluaties van de ontvluchting uit hoge gebouwen blijkt dat vele mensen al moeite hebben met het vluchten via trappen in neergaande richting. Naar verwachting zullen deze mensen nog meer moeite hebben met het vluchten via trappen in omhooggaande richting.

7.5 BEPALING VAN DE VLUCHTSNELHEID

7.5.1 *Invloedsfactoren*

De gebouwkenmerken hebben invloed op de mate waarin de aanwezigen zich bewust worden van een brand. Factoren zoals omgevingslawaai, geuren, verlichtingsniveau, mate van compartimentering, plafondhoogte, mate van ventilatie, en dergelijke kunnen de signalen van gevaar versterken of afzwakken [SFPE, 2002]. De informatie vanuit de gebouwkenmerken, in de vorm van signalen en aanwijzingen, kan onduidelijk zijn waardoor deze soms wordt genegeerd [O'Connor, 2005]. Het uitvallen van de verlichting hoeft bijvoorbeeld niet altijd veroorzaakt te worden door brand. In een restaurant zal een brandlucht mogelijk minder snel als gevaarssignaal opgemerkt worden dan een brandlucht in een kantoorgebouw. En wanneer in een gebouw regelmatig een ongewenste (loze) melding van het brandmeldsysteem voorkomt, blijken mensen minder snel geneigd te zijn een dergelijk signaal serieus te nemen [SFPE, 2002; Proulx & Richardson, 2002]. Een brandalarmsignaal alleen is daarmee niet voldoende. Met behulp van ontvluchtingsstrategieën en procedures kan informatie aan aanwezigen worden gegeven over de noodsituatie. Deze aanvullende informatie blijkt in hoge mate relevant te zijn voor het vluchtgedrag van de aanwezigen in een gebouw [Proulx & Richardson, 2002; SFPE, 2002; O'Connor, 2005]. De autoriteit van een persoon die de aanvullende informatie geeft, speelt ook een belangrijke rol.

Aan de hand van het architectonische ontwerp kunnen aanwezigen langs de meest veilige route naar buiten worden geleid. Sime (2001) stelt dat het visuele bereik in een gebouw van groter belang is voor de totaal benodigde vluchttijd dan de loopafstand tot deuren zoals die in de conventionele rekenmethodes

wordt toegepast. Mensen die zich vlakbij de brandlocatie bevinden, en zicht hebben op wat er aan de hand is, zullen zich volgens Sime eerder verplaatsen (vluchten) dan mensen die geen zicht hebben op de brand. De aanwezigen in andere ruimten dan de brandruimte zullen zich waarschijnlijk later verplaatsen dan mensen die zich in de directe omgeving van de brand bevinden. Verder wordt verondersteld dat niet alleen het visuele bereik van belang is, maar dat beslissingen ook worden genomen op basis van een combinatie van signalen, zoals de combinatie van zichtbare en hoorbare signalen. Ook de bezettingsdichtheid van het gebouw, ofwel het aantal aanwezige personen, en de doorstroomcapaciteit van de vluchtroute hebben invloed op de benodigde vluchtijd [Sime, 2001].

Purser (2003) heeft een beoordelingsmodel voor gebouwen ontwikkeld.¹¹⁷ Het systeem is gebaseerd op de belangrijkste aspecten die de vluchtijd bepalen. Aan de hand van het beoordelingsmodel kan bijvoorbeeld de benodigde besluitvormingstijd, voorafgaand aan de werkelijke verplaatsing bij ontvluchting, voorspeld worden. Ook kan het model de basis zijn voor de bepaling van de benodigde brandveiligheidsmaatregelen in een gebouwontwerp. Purser onderscheidt acht (sub)gebruikstypen van gebouwen. In tabel 7.2 zijn de uitgangspunten voor het onderscheid van de gebruikstypen verder uitgewerkt in vier risicocategorieën. Deze tabel is gebaseerd op een tabel van Purser.

's Nachts hebben de aanwezigen in een gebouw een lage mate van opmerkzaamheid. De fatale branden vinden vooral 's nachts plaats. Gebouwen waarin geslapen wordt vallen daarom in de hoogste risicocategorie. De meeste fatale branden vinden plaats in woningen. Bovendien heeft sinds 1970 bijna 48% van de fatale branden met vijf of meer dodelijke slachtoffers plaatsgevonden in een woning. Woningen vallen daarom in risicocategorie 1.

In institutionele woongebouwen, zoals ziekenhuizen, verzorgingstehuizen, gevangenissen, kinderdagverblijven en dergelijke, en in hotels kunnen de aanwezigen slapende zijn. Bovendien zijn de mensen die in een institutioneel woongebouw of in een hotel verblijven onbekend met de lay-out van het gebouw. Daarbij komt dat mensen in een institutioneel woongebouw bij brand sterk afhankelijk zijn van het personeel in het gebouw. Sinds 1970 heeft bijna 44% van de fatale branden met vijf of meer dodelijke slachtoffers in dergelijke gebouwen plaatsgevonden, waarbij 22% in een institutioneel woongebouw en 22% in een hotel of pension. Institutionele woongebouwen en hotels vallen daarom in risicocategorie 2.

117. Zie ook paragraaf 7.5.3.

Tabel 7.2 Beoordelingsmodel voor de risicocategorie van gebouwen

| Risiko- cate- gorie | Gebruikersaspecten | | Gebouwaspecten | | |
|---------------------------|---|------------|---------------------|---------------------------------------|--|
| | Opmerkzaam- heid: wakend/ slapend | Bekendheid | Bezetting niveau | Aantal ruim- ten/complexi- teit | Gebruikstype |
| 1A | Slapend | Bekend | Laag | Weinig | Woning |
| 1B | Slapend, met verzorging | Bekend | Laag | Weinig | Serviceflat, aanleunwoning |
| 2A | Slapend | Onbekend | Laag | Veel | Hotel, hostel |
| 2B | Slapend, met medische verzorging of ingesloten | Onbekend | Laag | Veel /complex gebouw | Institutionele woongebouw (ziekenhuis, gevangenis, etc.) |
| 3A | Wakend | Onbekend | Hoog | Eén of weinig | Bijeenkomst- gebouw (winkel, restaurant, café, nachtclub, etc.) |
| 3B | Wakend | Onbekend | Hoog | Eén of weinig, met focuspunt | Bijeenkomst- gebouw (bios- coop, theater, etc.) |
| 3C | Wakend, trans- port | Onbekend | Hoog | Complex gebouw | Trein-/metro- station of vliegterminal |
| 4 | Wakend | Bekend | Laag | Eén of veel | Kantoor of indus- trieel gebouw |

Toelichting: Risicocategorie 1 kent het hoogste risico op fataliteit bij brand, risicocategorie 4 het laagste.

Mensen kunnen problemen krijgen met de ontvluchting bij brand als er sprake is van een hoge bezettingsdichtheid en zij bovendien niet bekend zijn met de lay-out van het gebouw. In gebouwen waarin mensen in wakende toestand aanwezig zijn, is de combinatie van een hoge bezettingsdichtheid met de onbekendheid bepalend voor het overlijdensrisico bij brand. Ervaringen uit het buitenland leren dat brand in drukke stations, winkels, cafés, nachtclubs, en dergelijke tot vele dodelijke slachtoffers kunnen leiden. Bijeenkomstgebouwen met een hoge bezettingsdichtheid vallen daarom in risicocategorie 3.

Fatale branden komen nauwelijks voor in gebouwen waarin mensen in wakende toestand aanwezig zijn, waarin zij bekend zijn met de lay-out en waarin sprake is van een lage bezettingsdichtheid. Gebouwtypen met deze kenmerken vallen daarom in de laagste risicocategorie.

7.5.2 *Bedreigtijd en vluchttijd*

Bij ontvluchting speelt de factor tijd een bepalende rol voor de veiligheid. Aan de ene kant is namelijk de ontwikkeling van gevaar gedurende een bepaalde tijd van belang en aan de andere kant speelt de snelheid van de verplaatsing van een bedreigde naar een veilige omgeving een belangrijke rol. Het vluchtproces wordt dan ook gemeten met de factor tijd. In het proces zijn twee typen tijdselementen gedefinieerd [SFPE, 2002]: de 'beschikbare vluchttijd (ASET)', hierna aangeduid als de bedreigtijd, en de 'benodigde vluchttijd (RSET)', hierna aangeduid als de vluchttijd.

De bedreigtijd (ASET) is de periode tussen het ontstaan van brand en het moment dat sprake is van een nog net te overleven omgevingsconditie. In de bedreigtijd wordt de mogelijkheid van ontvluchting negatief beïnvloed en vallen de eerste slachtoffers. Om de ASET te kunnen bepalen worden analyses uitgevoerd naar factoren die de kans op overleven verlagen. Deze factoren zijn bijvoorbeeld de tijd voordat een rooklaag een bepaalde hoogte bereikt en de tijd voordat de hitte en schadelijke stoffen – die bij brand vrijkomen – zodanig is dat personen bezwijken [SFPE, 2002; BSI, 2004].

De vluchttijd (RSET) is de periode tussen het ontstaan van brand en het moment dat een veilige plaats is bereikt. De RSET wordt bepaald door de tijd die nodig is voor het uitvoeren van de basisactiviteiten gedurende de brand- en vluchtperiode. De ontvluchting moet plaatsvinden voordat er sprake is van een fatale omgevingsconditie.¹¹⁸

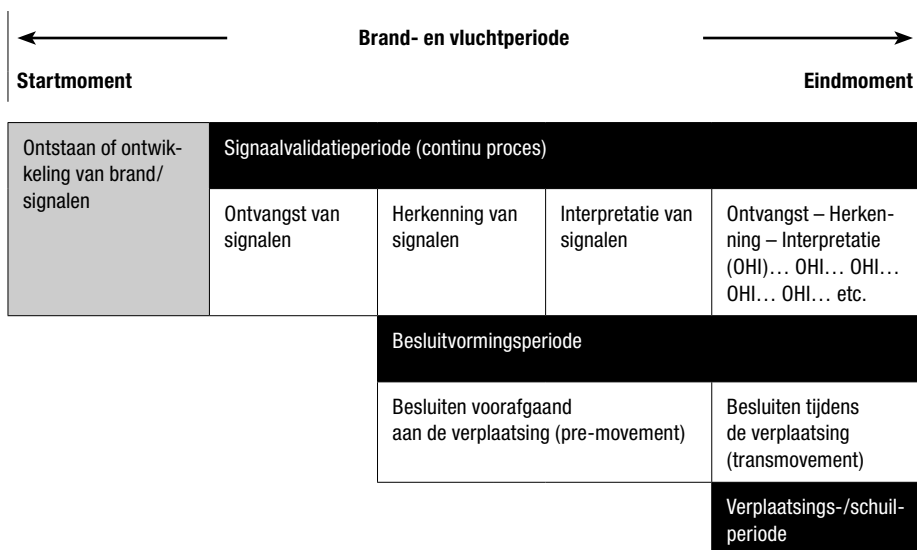
Om een veilige ontvluchting mogelijk te maken moet de tijd die nodig is voor het doorlopen van de fasen van het brand- en vluchtproces (RSET) vermeerderd worden met een veiligheidsmarge. Deze marge betreft de restperiode tot de verslechterde omgevingsconditie beslist voor alle aanwezigen fataal wordt (veiligheidsfactor). De vluchttijd en de marge samen moeten korter zijn dan de tijd die verstrijkt totdat het incident zich ontwikkeld heeft tot een levensbedreigende situatie (ASET) [SFPE, 2002; BSI, 2004]. Dit is in het volgende tekstkader in een formule weergegeven.

118. Zie paragraaf 5.4 voor een beschrijving van de grenswaarden die gelden voor een fatale omgevingsconditie.

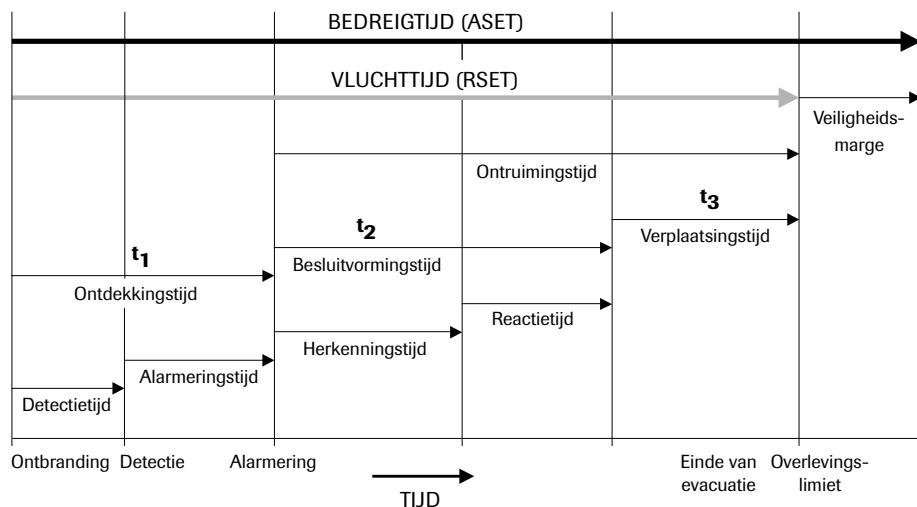
$$\text{Veiligheid als } \frac{\text{vluchttijd} + \text{marge}}{\text{bedreigtijd}} \leq 1$$

De literatuur maakt binnen de totale vluchttijd onderscheid tussen de besluitvormingstijd (pre-movement time) en de verplaatsingstijd (movement time/travel time) zoals is weergegeven in de figuren 7.6 en 7.7.

Figuur 7.6 Processen gedurende de brand- en vluchtperiode [SFPE, 2002]



Figuur 7.7 Tijdlijn bedreigtijd en vluchttijd [BSI, 2004]



De tijdlijn in figuur 7.7 is opgenomen in *Published Document 7974-6 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Human factors: Life safety strategies. Occupant evacuation, behaviour and condition* [BSI, 2004]. Deze tijdlijn kan als uitgangspunt worden beschouwd voor de bepaling van de bedreigtijd en vluchttijd (ASET, respectievelijk RSET). Aan de hand van de tijdlijn kan vervolgens worden bepaald welke maatregelen getroffen moeten worden om de brandveiligheid van het gebouwwontwerp te garanderen.

In figuur 7.8 komt duidelijk naar voren dat de beschikbare veilige ontruimingstijd bijzonder beperkt kan zijn. Bij de ramp in Bradford ontwikkelde de brandsituatie zich binnen 2 minuten en 16 seconden tot een levensbedreigende situatie.

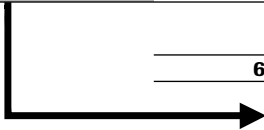
Figuur 7.8 Brandontwikkeling gedurende 136 seconden. Beelden uit de video-registratie van de ramp in Bradford (1985).



De procesbenadering van brandontwikkeling en ontvluchting, zoals in de figuren 7.6 en 7.7 is gevisualiseerd, wordt ook in het Nederlandse brandveiligheidsbeleid toegepast. In de Brandbeveiligingsconcepten, uitgegeven door het ministerie van Binnenlandse Zaken (1995), zijn de fasen van de brand- en vluchtperiode samengevat in het 'normatief brandverloop'. In het normatief brandverloop zijn de beleidsbepalingen voor een brandveilig gebouwwontwerp in tijd weergegeven. In figuur 7.9 is ter illustratie het normatief brandverloop voor een gebouw met een publieksfunctie weergegeven. In het normatief brandverloop is onderscheid gemaakt tussen de tijden die relevant zijn voor de aanwezigen in een gebouw en de tijden die op de professionele hulpverlening van toepassing zijn.

Figuur 7.9 Normatief brandverloop voor gebouw met publieksfunctie [BZK, 1995a]

| Gebouwbezetting | Minuten | Hulpverleners |
|-----------------|---------|--------------------------|
| | 0 | |
| Ontdekkingstijd | | Ontdekkingstijd |
| | 13 | |
| Alarmeringstijd | | Meldtijd |
| | 15 | |
| Ontruimingstijd | | Opkomsttijd |
| | 23 | |
| | | Inzettijd |
| | 30 | |
| | | Redtijd/blustijd |
| | 60 | |
| | | Nablustijd en Nazorgtijd |



Bij het normatief brandverloop in een gebouw met een publieksfunctie gelden de volgende uitgangspunten [BZK, 1995a]:

- Binnen 15 minuten na het ontstaan van een brand is de brand ontdekt en heeft alarmering van de in het gebouw aanwezige personen en melding aan de brandweer plaatsgevonden. De alarmering betreft het waarschuwen van de bedrijfshulpverleners en de overige in het gebouw aanwezige personen.
- Binnen 15 minuten na alarmering, dat is binnen 30 minuten na het ontstaan van de brand, zijn de door de brand bedreigde personen ontvlucht. Dit betreft het vluchten naar een veilige plaats buiten het gebouw, al dan niet met hulp van de bedrijfshulpverleners, maar zonder hulp van de brandweer.
- Binnen 15 minuten na het melden van de brand aan de alarmcentrale van de brandweer is de brandweer aanwezig en operationeel (water op het vuur). Dit betreft de opkomsttijd en inzettijd van de brandweer.
- Binnen 60 minuten na het ontstaan van brand heeft de brandweer de brand onder controle. Dit betekent dat op dat moment alle personen die zich nog in het bedreigde gebied bevinden gered moeten zijn en dat verdere branduitbreiding in beginsel wordt voorkomen.

Conform het normatief brandverloop moeten in het gebouw maatregelen getroffen worden die ervoor zorgen dat de omgevingscondities ten minste 30 minuten na het ontstaan van brand voldoende veilig zijn om een ontvluch-

ting mogelijk te maken (bedreigtijd). Verder moeten maatregelen getroffen worden die ervoor zorgen dat de brandweer op veilige wijze een redding en blussing kan uitvoeren. Daarnaast moeten maatregelen genomen worden die ervoor zorgen dat een brand binnen 15 minuten na het ontstaan ontdekt wordt en dat de aanwezigen in een gebouw binnen 15 minuten na het ontstaan van brand gevlucht zijn (vluchttijd). Merk hierbij op dat de bedreigtijd van 30 minuten precies overeenkomt met de vluchttijd van totaal 30 minuten. Van een veiligheidsmarge, zoals in figuur 7.7 is gevisualiseerd, lijkt in het theoretische model van het normatief brandverloop geen sprake te zijn. Verder wordt verondersteld dat de ontruiming direct na de alarmering op gang komt en wordt geen rekening gehouden met de besluitvormingstijd zoals in de figuren 7.6 en 7.7 is aangegeven.

7.5.3 *Vluchtsnelheid*

De snelheid van vluchten wordt bepaald door de besluitvormingstijd, de routekeuze, de doorstroomsnelheid in gangen en deuropeningen en de loopsnelheid van personen. Factoren die de totale vluchttijd vertragen, zijn met name [Løvås, 1998]:

- vertraagde eerste reactie;
- niet-optimale routekeuze;
- opstoppen in looppaden.

Besluitvormingstijd

De periode tussen de waarneming van signalen van brand en de start van de feitelijke ontvluchting wordt in de literatuur aangeduid als de besluitvormingstijd. De besluitvormingstijd bestaat uit de herkenningstijd, waarin signalen worden waargenomen en geïnterpreteerd, en de reactietijd, waarin activiteiten worden uitgevoerd die gerelateerd zijn aan de start van de ontvluchting, zoals het verzamelen van meer informatie over de situatie.

De duur van de besluitvormingstijd is onder andere afhankelijk van de gevaarsperceptie van de aanwezigen en van de opmerkzaamheid in relatie tot brandsignalen [Graham & Roberts, 2000]. De besluitvormingstijd is daarmee allereerst afhankelijk van de typen signalen die door de aanwezigen ontvangen worden en een indruk geven van de noodsituatie [Proulx, 2003; Graham & Roberts, 2000]. Het ene signaal is duidelijker dan het andere, waardoor de gevaarsperceptie per situatie anders zal zijn. En de mate van gevaarsperceptie heeft invloed op het menselijk gedrag bij brand. Wanneer sprake is van onduidelijke signalen over de noodsituatie, kan de besluitvormingstijd voorafgaand aan de feitelijke ontvluchting sterk oplopen. Verder is de besluitvormingstijd afhankelijk van persoonlijke kenmerken [Proulx, 2003]. Zo zal een kind, een bejaarde of een persoon die onder invloed is van alcohol of drugs, meer tijd

nodig hebben om te reageren. De gebouwfunctie, dat zijn het type gebruik van een gebouw en de kenmerken van de aanwezige populatie in het gebouw, is de derde factor die de besluitvormingstijd bepaalt [Proulx, 2003; Bryan, 2002, Cornwell, 2003]. De gebouwfunctie is voornamelijk gerelateerd aan de sociale kenmerken van het menselijk gedrag bij brand: een brandalarm in een woning zal bijvoorbeeld eerder tot een ontvluchting leiden dan een brandalarm in een winkelcentrum, omdat de sociale druk ertoe leidt dat mensen veelal eerst naar het gedrag van de anderen kijken voordat zij zelf reageren [Cornwell, 2003].

De reactietijd is een belangrijk onderdeel van de vluchttijd. Uit diverse studies blijkt dat de reactietijd kan variëren van minder dan een minuut tot een half uur of zelfs langer [O'Connor, 2005; Fahy & Proulx, 2001]. In gebouwen met een beperkt aantal ruimten en een hoge bezettingsdichtheid, zoals uitgaansgelegenheden en winkels, wijken de reactietijden van de aanwezige personen nauwelijks af van de reactietijd van de eerste persoon die reageert. Bij een gebouw met vele ruimten en een lage bezettingsdichtheid per ruimte, zoals in hotels het geval is, blijken de reactietijden van de aanwezige personen sterk te variëren. De reactietijden zijn echter nog nauwelijks goed beschreven en gekwantificeerd [Purser & Bensilum, 2001].

Fahy en Proulx (2001) hebben een overzicht gegeven van de resultaten uit een aantal studies naar de reactietijd gedurende ontvluchtingen.¹¹⁹ Dit betreffen ontvluchtingen als gevolg van branden en naar aanleiding van onaangekondigde oefeningen. De gegevens zijn verzameld aan de hand van interviews die na de brand met vluchtende personen zijn gehouden en aan de hand van videoregistraties bij oefeningen. Hierna volgen een aantal voorbeelden van resultaten voor hotels, kantoorgebouwen en winkelgebouwen. De volledige lijsten met resultaten zijn weergegeven in de tabellen B16 tot en met B19 in bijlage 1 [Fahy en Proulx, 2001].

Hotels

Bij de brand in het MGM Grand Hotel in Las Vegas (1980) waren 85 doden te betreuren en hebben 536 personen het gebouw levend kunnen verlaten. Het hotel had geen ontruimingsalarminstallatie. De helft van de aanwezigen is binnen 60 minuten met de ontvluchting begonnen en na 130,9 minuten was driekwart van de gebouwbezetting gestart met de ontvluchting. De laatste persoon reageerde pas na 290 minuten, dat is na bijna vijf uur. Bij een andere brand, in hotel Westchase Hilton, is de helft van de aanwezigen binnen vijf minuten met de ontvluchting begonnen en was na 17,5 minuten driekwart van de gebouwbezetting gestart met de ontvluchting. De laatste persoon reageerde na 120 minuten.

119. Ook Purser en Bensilum (2001) hebben een overzicht gemaakt van een aantal studies naar de reactietijd en de totale vluchttijd. Dit betreffen uitsluitend gebouwen waarin niet wordt geslapen. Voor meer informatie wordt verwezen naar [Purser & Bensilum, 2001].

Kantoorgebouwen

Bij de explosie en brand in het World Trade Centre in New York (1993) bedroeg de gemiddelde reactietijd in een kantoorgebouw nabij de plaats van de explosie 11,3 minuten. In dit gebouw was geen ontruimingsalarm afgegaan. Na 10 minuten was driekwart van de gebouwbezetting met de ontvluchting begonnen en de laatste persoon reageerde na 245 minuten, dat is na iets meer dan vier uur. Bij een onaangekondigde oefening in een kantoorgebouw met een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie was de gemiddelde reactietijd 1,2 minuten. De laatste persoon reageerde na 2,3 minuten.

Winkels

Bij onaangekondigde oefeningen in vier winkelgebouwen met een goed getrainde organisatie, varieerde de gemiddelde reactietijd van 0,4 tot 0,6 minuten. De gebouwbezetting varieerde van 71 tot 122 personen. In de gebouwen met 122 personen was de laatste persoon binnen 1,7 minuten gestart met de ontvluchting.

Uit de gegevens van de reactietijden in de kantoorgebouwen en de winkels blijkt dat de opleiding en training van bedrijfshulpverleners een belangrijke invloed heeft op de reactietijd. Zo is bij de kantoorgebouwen in geval van een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie de reactietijd ongeveer tien maal sneller. Bij de onaangekondigde oefeningen in winkels met een goed getrainde organisatie blijkt de reactietijd vergelijkbaar met de reactietijd in kantoorgebouwen met een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie.

Een vertraagde reactie wordt veroorzaakt door onder andere het beoordelen van de noodsituatie, het zoeken naar informatie, het alarmeren van anderen, het helpen van anderen en het bestrijden van de brand [Bryan, 2002, Cornwell, 2003]. Daarbij komt dat de effecten van brand een negatieve invloed hebben op de mogelijkheid om de uitgang te vinden. En hoe trager de reactie, hoe groter de negatieve invloed van de brandeffecten op de omgevingsconditie. Hiermee wordt ook de tijd die nodig is voor ontvluchting verlengd [Løvås, 1998].

Uit de analyse van de twaalf meest fatale branden in Nederland¹²⁰ blijkt dat de meeste branden hebben plaatsgevonden in (bijzondere) woongebouwen en logiesgebouwen. Mogelijk heeft het hoge slachtofferaantal bij de ontvluchting bij brand in logies- en woongebouwen vooral te maken met het relatief lage niveau van opmerkzaamheid en de trage reactie in dergelijke gebouwen. Ruim 55% van de dodelijke slachtoffers bij woningbranden in 2003 [Kobes, 2006] is in zijn slaap overleden en alle twaalf meest fatale branden hebben zich in de nachtelijke uren voorgedaan.

120. Zie hoofdstuk 7.1.1.

Bovendien was in nagenoeg alle gevallen geen automatisch brandmeldsysteem aanwezig, of functioneerde dit niet voldoende.

Met name 's nachts zijn mensen verminderd alert en zullen zij moeilijk ontwaken door natuurlijke signalen van brand (rookgeur, knetterend geluid, vallende objecten, en dergelijke), waardoor sprake zal zijn van een vertraagde reactie. Bij een vertraagde reactie kan de brand zich al zodanig ontwikkeld hebben dat een veilige ontvluchting niet meer mogelijk is en dat de enige mogelijke overlevingsstrategie bestaat uit schuilen en wachten op redding. Een belangrijke vraag is daarom of maatregelen voor het verhogen van de kans op overleving gericht moeten zijn op een verschuiving naar de strategie van schuilen en wachten op redding (in plaats van vluchten), of op het verkorten van de reactietijd en van de totale vluchttijd door het bevorderen van het gemak van wayfinding.

Proulx, Sime en Fahy [Bryan, 2002; Proulx, 2003] hebben geconstateerd dat de besluitvormingstijd voor de bepaling van de totale vluchttijd belangrijker is dan de tijd die nodig is om zich te verplaatsen naar een veilige plaats. Uit incidentanalyses blijkt namelijk dat bij ontvluchtingen waarbij sprake was van een vertraagde besluitvormingstijd veel doden en gewonden te betreuren waren. Dit is met name het geval bij hotels en appartementengebouwen [Purser & Bensilum, 2001]. De besluitvormingstijd wordt tegenwoordig dan ook als een van de meest bepalende onderdelen van het vluchtproces beschouwd. De studies naar de besluitvormingstijd worden pas sinds kort uitgevoerd [Fahy & Proulx, 2001]. Hoewel uit evaluaties van de brand in de Beverly Hills Supper Club (Southgate, Kentucky, 1977) en de Cocoanut Grove Dance Hall (Boston, 1942) al was gebleken dat juist de besluitvormingstijd bepalend was geweest voor het aantal slachtoffers, werd deze langzame reactie door de onderzoekers destijds verklaard door de specifieke omstandigheden tijdens de brand. Tegenwoordig is bekend dat deze langzame reactie bij nagenoeg iedere brand voorkomt [Fahy & Proulx, 2001].

De reactietijden zijn echter nog nauwelijks goed beschreven en gekwantificeerd [Purser & Bensilum, 2001]. Op basis van incidentevaluaties kan aangenomen worden dat de reactietijden in hotels en woongebouwen vele malen langer zijn dan in gebouwen waarin niet geslapen wordt. Er is echter behoefte om deze aanname te kwantificeren. Daarnaast bestaat volgens Purser en Bensilum (2001) de behoefte aan een extensieve database van reactietijden, vluchttijden en totale vluchttijden voor verschillende gebouwtypen. De gegevens uit deze database kunnen vervolgens worden toegepast bij de bepaling van vluchttijden bij *fire safety engineering* en bij het maken van wetgeving [Purser & Bensilum, 2001].

Purser (2003) heeft aan de hand van typerende kenmerken van de gebruikstypen van gebouwen een inschatting gemaakt van de benodigde besluitvormingstijd van de aanwezigen in het gebouw. Hij maakt daarbij onderscheid tussen drie categorieën gebouwkenmerken:

- brandmeld- en ontruimingsalarmsysteem;
- complexiteit van het gebouw;
- management in het gebouw.

In tabel B23 in bijlage 1 zijn waarden voor de inschatting van de besluitvormingstijd opgenomen, zoals Purser (2003) deze heeft bepaald aan de hand van het beoordelingsmodel voor gebouwen en de verschillende niveaus van brandmeld- en ontruimingsalarmering, gebouwcomplexiteit en management in het gebouw. Deze drie categorieën gebouwkenmerken zijn nader opgesplitst in drie niveaus [Purser, 2003].

Brandmeld- en ontruimingsalarmsysteem

- Niveau A1: Automatisch detectiesysteem dat direct een ontruimingsalarmstelsel activeert dat waarneembaar is voor alle aanwezigen in het door brand bedreigde gebied. De alarmeringstijd bedraagt 0 minuten.
- Niveau A2: Automatisch detectiesysteem dat het bewakingspersoneel alarmeert, waarna handmatig of met een ingebouwde vertragingstijd een ontruimingsalarmsysteem wordt geactiveerd dat waarneembaar is voor alle aanwezigen in het door brand bedreigde gebied. De alarmeringstijd is gelijk aan de vertragingstijd en bedraagt doorgaans 2 tot 5 minuten. Wanneer sprake is van een gesproken ontruimingsalarm, wordt de alarmeringstijd vergroot met tweemaal de tijd die nodig is voor het uitspreken van het bericht.
- Niveau A3: Lokale automatische detectie en alarmering vlakbij de brandhaard, zoals een rookmelder, of geen automatische detectie met een handmatig te activeren ontruimingsalarm. De alarmeringstijd is doorgaans lang en onvoorspelbaar.

Complexiteit van het gebouw

- Niveau C1: Simpel, rechthoekig gebouw met één bouwlaag en een of enkele ruimten, een eenvoudige lay-out, een goed visueel bereik (goed zicht op uitgangen en naar de situatie buiten het gebouw), korte loopafstanden, goede uitvoering van uitgangen en uitgangen die direct naar buiten leiden. Voorbeeld: eenvoudige supermarkt.
- Niveau C2: Simpel gebouw met meerdere ruimten en/of meerdere verdiepingen, uitgevoerd volgens prescriptieve brandveiligheidsvoorschriften en een eenvoudige lay-out. Voorbeeld: eenvoudig kantoorgebouw met meerdere verdiepingen.

- Niveau C3: Groot, complex gebouw met grote, complexe ruimten, waardoor problemen ontstaan met wayfinding en het management van de ontvluchting, zoals in een gebouw dat is opgebouwd uit meerdere geschakelde bestaande gebouwen of in een modern bijeenkomstgebouw. Voorbeeld: groot winkelcentrum, trein-/vliegtterminal.

Management in het gebouw

- Niveau M1: De aanwezigen (personeel, vaste gebruikers of bewoners) zijn op een hoog niveau getraind in brandveiligheidsmanagement; voeren goede brandpreventie en onderhouden de bestaande brandveiligheidsmaatregelen. Er is sprake van voldoende en goed getrainde bedrijfshulpverleners, een passend ontruimingsplan en er worden regelmatig ontruimingsoefeningen gehouden. Het systeem van brandveiligheidsmanagement wordt regelmatig door externen gecontroleerd en gecertificeerd. Er is sprake van registratie en evaluatie van (bijna-) incidenten en ongewenste (loze) brandmeldingen.
- Niveau M2: Gelijk aan niveau M1 maar met een lagere verhouding tussen ongetrainde en getrainde aanwezigen in het gebouw. Er zijn mogelijk niet altijd voldoende bedrijfshulpverleners aanwezig en er is mogelijk geen sprake van een externe audit van het systeem van brandveiligheidsmanagement.
- Niveau M3: Standaardvoorzieningen met minimaal niveau van brandveiligheidsmanagement voor een efficiënte ontvluchting en zonder externe audit van het systeem van brandveiligheidsmanagement.

In gebouwen met managementniveau M3 en waarin wordt geslapen, wordt uitgegaan van een besluitvormingstijd van ten minste 20 minuten (tien minuten in woningen) [Purser, 2003]. In gebouwen met managementniveau M3 en waarin mensen in wakende toestand aanwezig zijn, wordt uitgegaan van een besluitvormingstijd van ten minste 15 minuten. Wanneer sprake is van een managementniveau M2 is de besluitvormingstijd aanzienlijk lager, zoals is gebleken uit incidentanalyses [Fahy & Proulx, 2001; Purser & Bensilum, 2001]. In gebouwen waarin mensen in wakende toestand aanwezig zijn en er bovendien sprake is van voldoende en goed getrainde bedrijfshulpverleners, een passend ontruimingsplan en regelmatig gehouden ontruimingsoefeningen, wordt de besluitvormingstijd gesteld op maximaal drie minuten. In gebouwen waarin mensen slapen die bovendien niet bekend zijn met het gebouw, zoals in institutionele woongebouwen en hotels, is volgens Purser (2003) het niveau van management in het gebouw nauwelijks van invloed op de besluitvormingstijd.

Routekeuze en loopsnelheid

De keuze voor een bepaalde uitgang, en daarmee de routekeuze, wordt veelal beïnvloed door de bekendheid van de persoon met het gebouw, de beschikbaarheid van uitgangen, de toegankelijkheid van de route naar de uitgang en de mate van complexiteit van deze route [O'Connor, 2005; SFPE, 2003]. Een uitgang die in normale situaties gebruikt wordt, is doorgaans ook de gekozen uitgang in geval van brand [Sandberg, 1997]. Ook wordt groepsvorming gezien als een mogelijke invloedsfactor op de keuze voor een bepaalde route [Cornwell, 2001]. Het verminderde zicht en de irritatie door rook blijken ook effect te hebben op de routekeuze. Uit onderzoeken door Wood (GB, 1972) en Bryan (VS, 1977) is gebleken dat sommige mensen terugkeren of een andere vluchtroute kiezen als gevolg van slecht zicht door rook [Frantzich, 1994; SFPE, 2002].

De loopsnelheid is gerelateerd aan de routekeuze en daarmee aan de loopafstand. De keuze voor een bepaalde uitgang resulteert namelijk in een bepaalde loopafstand die afgelegd moet worden. De loopsnelheid van een persoon bepaalt de tijd die nodig is om deze loopafstand af te leggen. De loopsnelheid wordt beïnvloed door een aantal factoren [O'Connor, 2005]:

- mate van mobiliteit van de persoon;
- mate van mobiliteit van de persoon als gevolg van groepsdynamiek;
- aantal aanwezigen in een gebouw en de verdeling over het gebouw;
- verlichtingssterkte;
- invloed van rook (indien van toepassing);
- eigenschappen van vloer- en wandoppervlakken;
- uitvoering van de looproute (trap treden, geleidingsrails en dergelijke);
- breedte van de looproute (gangbreedte, deurbreedte);
- mate van training of mate van begeleiding door personeel (bedrijfshulpverleningsorganisatie).

Doorstroomsnelheid

Trappen en uitgangen vormen bottlenecks tijdens een ontvluchting. Behalve de routekeuze en de loopsnelheid is ook de capaciteit van de bottlenecks van belang. De capaciteit van trappen en uitgangen wordt bepaald aan de hand van de doorstroomsnelheid.

De data voor de doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen, zoals in de literatuur genoemd, zijn niet geheel eenduidig. Dit komt voornamelijk doordat de studies niet onder gelijke condities zijn uitgevoerd. Zo zijn aanwezigen in een winkelgebouw mogelijk niet zo gemotiveerd om snel het gebouw te verlaten als personen in een ondergronds metrostation [Frantzich, 1994]. De loopexperimenten werden doorgaans uitgevoerd met studenten en in goed verlichte ruimten waarin in geen rook aanwezig was. Uit andere, meer recent

uitgevoerde experimenten blijkt de loopsnelheid in een donkere of een met rook gevulde ruimte aanzienlijk langzamer te zijn dan de loopsnelheid in een goed verlichte ruimte waarin geen rook aanwezig is [Frantzich, 1994; Isobe e.a., 2004; Nagai e.a., 2004]. Uit evaluaties van ontvluchtingen uit het WTC is bovendien gebleken dat mensen tijdens het vluchten een relatief lage loopsnelheid hebben en tussentijds regelmatig moeten rusten [Bukowski, 2005; Proulx, 2007].

Pauls heeft uit onderzoek naar de doorstroomsnelheid op trappen vastgesteld dat de doorstroomsnelheid afhankelijk is van de effectieve breedte en niet van de werkelijke breedte [Pauls, 1984]. Gedurende diverse ontruimingsoefeningen in een kantoorgebouw bleek dat de proefpersonen een vrije ruimte aanhielden ten opzichte van wanden en dergelijke. Ook Fruin heeft dergelijke gedrag geconstateerd [Frantzich, 1994]. In het *SFPE handbook of fire protection engineering* [NFPA, 2002] is naar aanleiding van de bevindingen van Pauls en Fruin een rekenmethode gegeven waarmee de doorstroomsnelheid kan worden bepaald op basis van de effectieve breedte. In tabel 7.3 zijn de waarden gegeven waarmee de werkelijke breedte aan elke zijde moet worden gereduceerd om tot de effectieve breedte te komen. Voor de uitgebreide rekenmethode wordt verwezen naar het SFPE-handboek.

Tabel 7.3 Reductiebreedte voor het bepalen van de effectieve vluchtbreedte [Frantzich, 1994]

| Object | Reductiebreedte |
|------------------------|-----------------|
| Wand in trappenhuis | 15 cm |
| Handrail | 9 cm |
| Theaterstoelen | 0 cm |
| Wand in gang | 20 cm |
| Andere obstakels | 10 cm |
| Wand in brede doorgang | < 46 cm |
| Deur | 15 cm |

Rekening houdend met de bepaling voor de effectieve vluchtbreedte komen de resultaten van de onderzoekers Fruin, Pauls, Nelson en MacLennan nagevoeg overeen. Volgens Frantzich (1994) stellen zij namelijk dat de doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen ongeveer 1 persoon per meter per seconde is, dat is 60 pers/m/min.

| |
|---|
| Doorstroomsnelheid (nood)uitgang: ongeveer 60 pers/m/min |
|---|

Gedurende het vluchtproces is overigens geen sprake van een constante doorstroomsnelheid. Mensen hebben namelijk de neiging zich eerst in kleine groepen te verzamelen om zich vervolgens gezamenlijk naar de uitgang te verplaatsen [Frantzich, 1994]. Uit evaluaties van de WTC-ramp van 9/11 is bijvoorbeeld gebleken dat 90% van de 250 geïnterviewde overlevenden zich in de eerste fase van de ontvluchting (besluitvormingsperiode) bij een groepje aansloot [Galea e.a., 2007b]. Slechts 10% is op eigen initiatief met de werkelijke verplaatsing begonnen.

7.5.4 *De modellering van het vluchtgedrag*

De meeste vluchttijd(simulatie)modellen zijn gebaseerd op ontvluchting, waarbij de afstand tot een uitgang, de loopsnelheid en de doorstroomcapaciteit van gangen, deuren en trappen bepalend zijn [Gwynne e.a., 1999]. Slechts een beperkt aantal van de huidige (computer)simulatiemodellen is gebaseerd op ander menselijk gedrag bij ontvluchting, zoals de keuze voor een bepaalde vluchtroute of het verzamelen en interpreteren van informatie. Hiernaar is nog maar weinig onderzoek gedaan, aangezien de aandacht in onderzoeken tot nu toe voornamelijk gericht was op loopsnelheden en doorstroomcapaciteiten van gangen, trappen en deuren in diverse situaties [Sime, 2001]. Het menselijk gedrag bij brand en tijdens ontvluchtingen is bovendien lastig te modelleren, aangezien onvoldoende kwantitatieve informatie bekend is over het menselijk gedrag bij brand en tijdens ontvluchtingen. Ook kunnen gedragingen nog onvoldoende verklaard worden [Gwynne e.a., 1999]. Galea onderkent in een studie naar vluchttijdmodellen in 1997 dan ook dat de validiteit in termen van onderzoeksdata van cruciaal belang is [Sime, 2001].

ORSET-model

Sime (2001) heeft een theoretisch model ontwikkeld waarmee gedragsfactoren van mensen tijdens ontvluchting in gebouwen (psychologie) gekoppeld kunnen worden aan ontwerpfactoren voor een brandveilig gebouw (engineering). Dit is het model *occupant response shelter escape time (ORSET)*, vrij vertaald: het 'schuil- en vluchttijdmodel'. Zoals ook andere onderzoekers veronderstellen, kan een tijdelijk verblijf in een veilige omgeving, zoals een afgesloten kamer, of de verplaatsing naar een ander aangrenzend brandcompartiment, in geval van brand soms een geschiktere overlevingsstrategie zijn dan de strategie van ontvluchting.

In het ORSET-model staan vijf risicocriteria centraal [Sime, 2001]:

- gebouwbezetting populatieprofiel, waarbij bedoeld wordt op de omvang, de dichtheid en de verdeling over het gebouw op verschillende momenten

- van gebruik en de typen personen die aanwezig zijn (werknemers of publiek, onderlinge sociale banden zoals families, mobiliteit en waarneemingscapaciteiten);
- gebouwbezetting activiteitenprofiel, waarbij de verdeling van activiteiten over ruimte en tijd van belang is;
 - reactietijd index;
 - ontwerp/index betreffende visueel bereik, waarbij het visuele bereik tot de brandhaard, het visuele bereik tussen aanwezigen en het visuele bereik tot routes van belang is;
 - ontwerp van routes in een gebouw.

Sime (2001) beschouwt de term gebouwbezetting als het onderlinge verband tussen mensen, kennis, acties en omgeving. Gebouwbezetting wordt door hem gedefinieerd als de beperkingen, condities en mogelijkheden in relatie tot kennis en actie, die geboden worden door variërende sociale, organisatorische en fysieke locaties en settings zoals gebruikt door mensen in tijd. Daarmee wordt verondersteld dat de gebouwbezetting een situatieafhankelijke factor is. Conform de traditionele psychologische benadering worden mensen beschouwd in termen van (stabiele) karaktereigenschappen, capaciteiten en persoonlijkheidskenmerken. Sime gaat echter ervan uit dat mensen zich in de ene omgeving of situatie anders gedragen dan in de andere omgeving of situatie. Dit impliceert dat acties van mensen kunnen variëren in overeenstemming met de dan aanwezige rol van de persoon, activiteiten, sociale banden en kennis van een zich ontwikkelende situatie in tijd en ruimte. Ofwel, mensen gedragen zich in overeenstemming met hoe zij zich aanpassen aan een situatie, de informatievoorziening en de mogelijkheden of kansen die in diverse locaties voorkomen.

Stimulus response versus gebruiker response

Groner (1998) heeft twee typen benaderingen van vluchttijdmodellen met elkaar vergeleken, te weten de traditionele 'stimulus response (travel/flow)-modellen' en de nog nauwelijks toegepaste 'gebruiker response-modellen'.

In het 'gebruiker response-model' is de aanname dat aanwezigen zich in een ontwikkelende noodsituatie gedragen in overeenstemming met hun intenties of doelen. Daarnaast is het gedrag afhankelijk van de kennis en de perceptie van wat er om hen heen aan de hand is. Het model beschouwt een gebouw als een informatiesysteem dat een context biedt voor interpretatie en actie. Opgebouwde kennis van de omgevingssituatie is daarbij belangrijk. Daarom wordt de beschikbare informatie over de zich ontwikkelende situatie voor individuen in eerste instantie als lokale informatie beschouwd (binnen het visuele domein vanuit iedere gebruikerslocatie). In het model wordt verder aangenomen dat de mate van visueel bereik van een gebruiker veranderlijk is als gevolg van

verplaatsing tussen locaties en omsloten ruimten (inclusief verplaatsingen die gerelateerd zijn aan situatieverkenning, alarmering en groepsvorming).

In het 'stimulus response-model' wordt het gedrag van aanwezigen als afhankelijk van de fysieke omgeving beschouwd. De aanname is namelijk dat vluchttijden bepaald worden door de architectonische plattegrond. De vluchttijden worden volgens dit model bepaald door het aantal aanwezigen, de loopafstanden tot deuren en de deurbreedtes. Mensen worden als niet-denkende objecten behandeld, die zich statisch of dynamisch in een fysieke omgeving verplaatsen. De verplaatsing door de aanwezigen in een gebouw wordt enkel als een vluchtactie verondersteld, andere motieven voor verplaatsing worden buiten beschouwing gelaten. De kennis van de aanwezigen in een gebouw wordt als irrelevant of als globaal beschouwd. Hierbij wordt verondersteld dat mensen volledige kennis van de brandontwikkeling en de vluchtroutes en dergelijke hebben, ongeacht waar zij zich bevinden of waar zij zijn geweest.

In tabel 7.4 zijn de verschillen tussen beide modellen samengevat [Sime, 2001].

Tabel 7.4 Verschillen tussen typen van benadering bij vluchttijdmodellen [Sime, 2001]

| Factor | Gebruiker response-model | Stimulus response-model |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Focus | Menselijk gedrag | Omgeving |
| Referentiekader | Omgevingspsychologie | Engineering-/ fysieke wetenschappen |
| Gebouw | Communicatiesysteem | Fysiek bouwwerk |
| Mensen | Gebruikers | Niet-denkende objecten |
| Proces | Interpretatie en actie | Reactie |
| Ruimtelijke kennis | Lokaal | Globaal |
| Muren | Visuele barrière | Fysieke barrière |
| Locatie van aanwezigen | Mogelijkheid van visueel bereik | Vluchtmogelijkheid |

De uitgangspunten van het 'stimulus response-model' worden binnen het vakgebied van *fire engineering* breed toegepast. Dit is voornamelijk omdat het een in basis simpel model is en het eenvoudig toepasbaar is. Het model kent echter beperkingen wanneer het gaat om voorzieningen die de besluitvorming tijdens brand moeten ondersteunen (wel/niet vluchten, welke route is veilig, en dergelijke). Bij het menselijk gedrag bij brand zijn namelijk niet alleen de fysieke stimuli van belang, maar spelen ook psychosociale processen een belangrijke rol. Wanneer in een gebouw een ontruimingssignaal afgaat, leidt dit bijvoorbeeld niet altijd tot een ontvluchting. Mensen baseren hun acties

namelijk op percepties bij een bepaalde situatie. Voor gebouwonwerpers is het dan ook van belang te ontdekken *waarom* mensen bij het horen van een ontruimingssignaal niet vluchten, en *waarom* mensen een bepaalde route nemen en niet een andere [Groner, 2001]. Het belangrijkste obstakel voor het voorspellen van de ontvluchting in gebouwen is volgens Groner (2004) niet de kennis over de verplaatsing zelf, maar ons (on)vermogen om het menselijk gedrag te voorspellen met betrekking tot wanneer, waar en op welke wijze de ontvluchting plaatsvindt. Zonder gedetailleerde data over de informatie die vluchtende personen in gebouwen gebruiken voor de ontvluchting is het onmogelijk de noodzakelijke brandveiligheidsvoorzieningen in gebouwen te bepalen [Groner, 2004].

Wat betreft de modellering van het menselijk gedrag bij ontvluchtingen geeft Sime ten slotte de volgende onderwerpen aan die om nader onderzoek vragen [Sime, 2001]:

- brandscenario's en gedragsscenario's van mensen;
- gebruikers- en activiteitenpatronen: de situatie van gebouwgebruik, reactietijd van aanwezigen en de ontvluchtingsstrategie;
- reactiepatronen bij verschillende typen waarschuwingssystemen;
- ontwerpcriteria op gebied van wayfinding;
- beginlocaties van aanwezigen, aankomst bij uitgangen en doorstroomsnelheden bij uitgangen;
- keuze tussen schuilen en/of vluchten als alternatief voor overlevingsstrategieën.

7.5.5 *Samenvatting en beschouwing: bepaling van de vluchtsnelheid*

Samenvatting

Bij ontvluchting speelt de factor tijd een bepalende rol voor de veiligheid. Aan de ene kant is de ontwikkeling van gevaar gedurende een bepaalde tijd van belang (bedreigtijd) en aan de andere kant speelt de snelheid van de verplaatsing van een bedreigde naar een veilige omgeving (vluchttijd) een belangrijke rol. In de vluchttijdmodellen die in het buitenland in beleid worden gebruikt is sprake van een driedeling van periodes gedurende het vluchtproces. De eerste periode betreft de ontdekking van de brand. De tweede periode betreft de tijd die nodig is om voorafgaand aan de verplaatsing een aantal besluiten te nemen (pre-movementperiode). De laatste periode betreft de werkelijke verplaatsing uit het door brand bedreigde gebied. De procesbenadering van brandontwikkeling en ontvluchting, zoals in buitenlandse regelgeving wordt toegepast, wordt ook in het Nederlandse brandveiligheidsbeleid in het normatief brandverloop toegepast. In het normatief brandverloop wordt echter niet uitgegaan van een veiligheidsmarge bij de bepaling van de bedreigtijd en de vluchttijd. Verder houdt het Nederlandse model geen rekening met de besluitvormingstijd.

De gebouwkenmerken hebben invloed op de mate waarin de aanwezigen zich bewust worden van een brand. De informatie vanuit de gebouwkenmerken, in de vorm van signalen en aanwijzingen, kan onduidelijk zijn waardoor deze soms wordt genegeerd. Het personeel in een gebouw kan met behulp van ontvluchtingsstrategieën en procedures aanvullende informatie geven over de noodsituatie. Deze aanvullende informatie blijkt in hoge mate relevant te zijn voor het vluchtgedrag van de aanwezigen in een gebouw. De snelheid van reactie blijkt voornamelijk afhankelijk te zijn van de opmerkzaamheid van de aanwezigen in een gebouw en de acties van het gebouwmanagement. Verder kunnen aanwezigen in een gebouw aan de hand van het architectonische ontwerp langs de meest veilige route naar buiten worden geleid. Het visuele bereik in een gebouw blijkt daarbij van groter belang voor de totale benodigde vluchttijd dan de loopafstand tot deuren zoals in de conventionele rekenmethodes wordt toegepast. Daarnaast zijn de bezettingsdichtheid van het gebouw, oftewel het aantal aanwezige personen, de routekeuze en de doorstroomcapaciteit van de bottlenecks, zoals uitgangen en trappen, van invloed op de benodigde vluchttijd. Factoren die de totale vluchttijd vertragen, zijn met name:

- vertraagde eerste reactie;
- niet-optimale routekeuze;
- opstoppen in looppaden.

De besluitvormingstijd wordt tegenwoordig als één van de meest bepalende onderdelen van het vluchtproces beschouwd. Uit incidentanalyses blijkt namelijk dat bij ontvluchtelingen waarbij sprake was van een vertraagde besluitvormingstijd veel doden en gewonden te betreuren zijn. Dit is met name het geval bij hotels en appartementengebouwen. De besluitvormingstijd bestaat uit de herkenningstijd, waarin signalen worden waargenomen en geïnterpreteerd, en de reactietijd, waarin activiteiten worden uitgevoerd die gerelateerd zijn aan de start van de ontvluchting, zoals het verzamelen van meer informatie over de situatie. De duur van de besluitvormingstijd is afhankelijk van:

- de typen signalen die een indruk geven van de noodsituatie;
- de opmerkzaamheid en gevaarsperceptie van de aanwezigen;
- de gebouwfunctie: het type gebruik van een gebouw en de kenmerken van de aanwezige populatie in het gebouw.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie categorieën gebouwkenmerken die gerelateerd zijn aan het gebruikstype:

- brandmeld- en ontruimingsalarmsysteem;
- complexiteit van het gebouw;
- management in het gebouw.

Uit de gegevens van de reactietijden in kantoorgebouwen en winkels blijkt dat het management in het gebouw een zeer belangrijke invloed heeft op de reactietijd. Zo is in geval van een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie de reactietijd ongeveer tienmaal sneller dan wanneer geen sprake is van een goed functionerende bedrijfshulpverleningsorganisatie. De reactietijden zijn echter nog nauwelijks goed beschreven en gekwantificeerd. Op basis van incidentevaluaties kan aangenomen worden dat de reactietijden in hotels en woongebouwen vele malen langer zijn dan in gebouwen waarin niet geslapen wordt. Er is echter behoefte om deze aanname te kwantificeren.

De loopsnelheid is gerelateerd aan de routekeuze en daarmee aan de loopafstand. Mensen kiezen doorgaans de bekende route, en dat is niet altijd de kortste route. De loopsnelheid wordt beïnvloed door de volgende factoren:

- mate van mobiliteit van de persoon;
- mate van mobiliteit van de persoon als gevolg van groepsdynamiek;
- aantal aanwezigen in een gebouw en de verdeling over het gebouw;
- verlichtingssterkte;
- invloed van rook (indien van toepassing);
- eigenschappen van vloer- en wandoppervlakken;
- uitvoering van de looproute (traptreden, geleidingrails en dergelijke);
- breedte van de looproute (gangbreedte, deurbreedte);
- mate van training of mate van begeleiding door personeel (bedrijfshulpverleningsorganisatie).

Trappen en uitgangen vormen bottlenecks tijdens een ontvluchting. De capaciteit van trappen en uitgangen wordt bepaald aan de hand van de doorstroomsnelheid. De data voor de doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen, zoals in de literatuur genoemd, zijn niet geheel eenduidig. Dit komt voornamelijk doordat de studies niet onder gelijke condities zijn uitgevoerd. Verder is uit onderzoek naar de doorstroomsnelheid op trappen gebleken dat de doorstroomsnelheid (van trappen, gangen en uitgangen) afhankelijk is van de effectieve breedte en niet van de werkelijke breedte. Rekening houdend met de bepaling voor de effectieve vluchtbreedte komen de resultaten van de belangrijkste onderzoekers Fruin, Pauls, Nelson en MacLennan omtrent de doorstroomsnelheid wel nagenoeg overeen. De doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen is ongeveer 1 persoon per meter per seconde, dat is 60 pers/m/min. Gedurende het vluchtproces is overigens geen sprake van een constante doorstroomsnelheid. Mensen hebben namelijk de neiging om zich eerst in kleine groepen te verzamelen om zich vervolgens gezamenlijk naar de uitgang te verplaatsen.

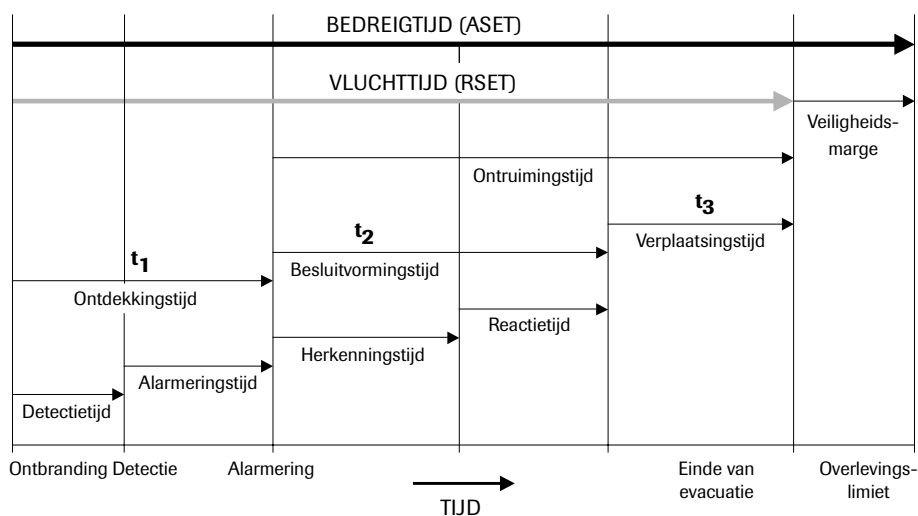
Om het gedrag bij brand te kunnen voorspellen en te verklaren worden modellen gemaakt. Groner (1998) heeft twee typen benaderingen van vluchttijdmodellen met elkaar vergeleken, te weten de traditionele 'stimulus response (travel/flow)-modellen' en de nog nauwelijks toegepaste 'gebruiker response-

modellen'. In het traditionele model staat de techniek en de lay-out van het gebouw centraal en in het nieuwe model staat de mens en de veranderlijke omgeving centraal. De uitgangspunten van het 'stimulus response-model' worden binnen het vakgebied van *fire engineering* breed toegepast. Dit is voornamelijk omdat het een in basis simpel model is en het eenvoudig toepasbaar is. Bij het menselijk gedrag bij brand zijn namelijk niet alleen de fysieke stimuli van belang, maar spelen ook psychosociale processen een belangrijke rol. Voor gebouwontwerpers is het dan ook van belang te ontdekken *waarom* mensen bij het horen van een ontruimingssignaal niet vluchten, en *waarom* mensen een bepaalde route nemen en niet een andere. De antwoorden op deze vragen zijn in de huidige literatuur nog niet of nauwelijks te vinden.

Beschouwing over beleid

De strategie van het vluchten bij brand vormt de basis van beleid voor een brandveilig gebouwontwerp. Het uitgangspunt van de Nederlandse bouwregelgeving is namelijk dat mensen bij brand zelfstandig vluchten en dat de brandweer zich vervolgens richt op de brandbestrijding. In de praktijk komt het er echter veelal op neer dat op het moment dat de brandweer arriveert nog niet alle mensen uit het gebouw zijn gevlucht en dat de eerste inzet van de brandweer zich richt op de ontruiming van het gebouw.

Figuur 7.10 Tijdlijn bedreigtijd en vluchttijd [BSI, 2004]



De uitgangspunten van het Nederlandse brandveiligheidsbeleid zijn voornamelijk gebaseerd op de verplaatsingstijd, zoals in figuur 7.10 is gevisualiseerd met de lijn 't₃'. In het beleid wordt de vluchttijd bepaald op basis van de standaarddoorstroomcapaciteit van uitgangen¹²¹ en trappen enerzijds en de stan-

121. Hierbij wordt een waarde van 90 pers/m uitgangsbreedte, of 135 pers/m uitgangsbreedte gehanteerd.

daardvluchttijd van verdiepingen¹²² anderzijds. Verder wordt in het beleid uitgegaan van een bepaalde reactietijd, zoals figuur 7.10 visualiseert met de lijn 't₁'. Ook bij de reactietijd wordt uitgegaan van standaardwaarden, die onder andere afhankelijk zijn van de aanwezigheid van een brandmeldsysteem in het gebouw. Vervolgens is het uitgangspunt dat mensen na het ontdekken van een brand, bijvoorbeeld door het horen van een ontruimingssignaal, direct met de ontvluchting starten. Uit incidentevaluaties blijkt dat dit echter niet het geval is, zoals ook in figuur 7.10 is gevisualiseerd met de lijn 't₂'. Deze fase van het vluchtproces wordt in het normatief brandverloop echter buiten beschouwing gelaten.

Wat betreft de verplaatsing is de aanname dat mensen gemiddeld 30 seconden lang hun adem kunnen inhouden¹²³ en een loopsnelheid hebben van 1 meter per seconde. In 30 seconden kan een persoon bij een loopsnelheid van 1 m/s een afstand van 30 meter afleggen. Op basis van deze aanname en de aanname dat mensen bij een ontvluchting via de kortste weg vluchten, is gesteld dat de loopafstand tot een uitgang van een rookcompartiment (lees: nooduitgang) maximaal 30 meter mag zijn. Uit de literatuur blijkt echter dat de routekeuze niet is gerelateerd aan de werkelijke afstand, maar aan de perceptie van de afstand. Bovendien kiezen mensen doorgaans de bekende route en dat is veelal niet de kortste route.

Het normatief brandverloop, zoals in de Nederlandse bouwregelgeving wordt toegepast, is gezien de uitgangspunten géén weergave van de feitelijke vluchttijd als gevolg van het menselijk gedrag bij brand. Er zal daarom een nieuw model van uitgangspunten ontwikkeld moeten worden. De aanbeveling is om aan te sluiten bij het model 'Tijdslijn bedreigtijd en vluchttijd' zoals ook in Britse standaarden voor *fire safety engineering* is toegepast. Verder wordt aanbevolen de uitgangspunten zo te formuleren dat deze meetbaar zijn en aansluiten bij de psychonomische eigenschappen van gebouwkenmerken. Dit betekent dat in de gewijzigde uitgangspunten de mens, die gebruikmaakt van het gebouw, leidend moet zijn en niet de techniek. Het beoordelingsmodel voor gebouwen dat ontwikkeld is door Purser zou een basis kunnen zijn voor de bepaling van de benodigde brandveiligheidsmaatregelen in een gebouwwontwerp. Het beoordelingsmodel betreft echter een eerste denkrichting en zal verder geoptimaliseerd moeten worden.

122. Hierbij wordt een waarde van 1 minuut per verdieping gehanteerd.

123. Op basis van deze aanname is bij brand in een ruimte sprake van een trage reactie als de aanwezigen zich langer dan 30 seconden in een bedreigde omgeving bevinden, of als de brand- en rookontwikkeling zodanig is dat de omgevingscondities als levensbedreigend beschouwd kunnen worden.

In het huidige beleid ligt de nadruk vooral op de doorstroomsnelheid van uitgangen. Diverse onderzoekers, onder wie Fruin, Pauls, Nelson en MacLennan, stellen dat de doorstroomsnelheid van (nood)uitgangen ongeveer 1 persoon per meter per seconde is, dat is 60 pers/m/min. Deze waarde ligt veel lager dan de optimistischere waarden van 90 pers/m/min en 135 pers/m/min zoals die in de Nederlandse regelgeving worden gehanteerd. Als de reductiewaarde voor de effectieve breedte van uitgangen¹²⁴ op de doorstroomsnelheid van 90 pers/m/min wordt toegepast, geeft dit de effectieve doorstroomsnelheid van 63 pers/m/min, zoals in tabel 7.5 is weergegeven. Deze ligt dicht bij de waarde van 60 pers/m/min.

Tabel 7.5 Rekenvoorbeeld effectieve doorstroomsnelheid

| Onderdeel | Werkelijke waarde | Effectieve waarde |
|------------------------|-------------------|-----------------------|
| Deurbreedte (m) | 1 | 0,7 (1 – 0,15 – 0,15) |
| Aantal personen (pers) | 90 | 90 |
| Doorstroomsnelheid | 90 pers/m/min | 63 pers/m/min |

Als in het beleid de kennis uit de wetenschap wordt gevolgd, zou bij de berekening van de doorstroomsnelheid uitgegaan moeten worden van 60 personen per meter uitgangsbreedte per minuut.

Bovendien is uit de experimenten en incidentevaluaties gebleken dat zorgvuldigheid met loopsnelheden geboden is. Voor de bepaling van de gemiddelde vluchttijd, zoals met behulp van computermodellen of rekenmodellen, is het bijvoorbeeld van belang rekening te houden met de vertraagde loopsnelheid in een donkere of met rook gevulde ruimte. De loopsnelheid in een donkere of met rook gevulde ruimte is namelijk aanzienlijk langzamer dan de loopsnelheid zoals uit de loopexperimenten van onder andere Fruin en Pauls naar voren is gekomen, en die in rekenmodellen wordt toegepast. Ook lopen personen in een donkere ruimte niet langs de kortste route of in een rechte lijn zoals de rekenmodellen aannemen. Het visuele bereik in een gebouw blijkt van groter belang voor de totaal benodigde vluchttijd te zijn dan de loopafstand tot deuren zoals die in de conventionele rekenmethodes wordt toegepast.

Het huidige beleid veronderstelt verder dat bij ontvluchting gebruikgemaakt wordt van nooduitgangen, ongeacht het gebruik van de uitgangen in de dagelijkse situatie. Incidentevaluaties lijken echter aan te tonen dat nooduitgangen, die in de normale situatie niet gebruikt (mogen) worden, ook tijdens een noodsituatie niet gebruikt worden. Dit geldt met name bij uitgangen die

124. Zie tabel 7.3 in hoofdstuk 7.5.3.

vergrendeld zijn met voorzieningen om het 'oneigenlijk gebruik' in normale situaties tegen te gaan; denk hierbij aan (groene) ontgrendelingskastjes naast de nooduitgang en uitgangen die aangesloten zijn op een alarmsignaal. Maar ook ogenschijnlijk uitnodigende nooduitgangen worden in een noodsituatie nauwelijks gebruikt. Dit heeft grote consequenties voor de brandveiligheid van gebouwen, omdat bij de berekening van het aantal toegestane mensen in een bepaalde ruimte of een bepaald gebouw wordt uitgegaan van het gebruik van alle beschikbare uitgangsbreedte. Afgezien van het feit dat de huidige doorstromingsnelheid in vluchttijdberekeningen niet realistisch is, is ook de aanname met betrekking tot het gebruik van nooduitgangen niet reëel.

Een pragmatische oplossing zou zijn om alle (nood)trappen en (nood)uitgangen zo uit te voeren dat deze in het dagelijks gebruik ook gebruikt worden en om alle beschikbare trappen en uitgangen mee te nemen in de ontruimingsberekeningen. Daarbij zou de verdeling van de aantallen mensen over de uitgangen niet per definitie evenredig moeten zijn, maar zou deze moeten afhangen van het te verwachten (alledaagse) gebruik van de uitgangen.

Beschouwing over onderzoek

De tijd die aanwezigen in een gebouw nodig hebben om de brand te ontdekken en om het gevaar te onderkennen blijkt van grotere invloed te zijn op de tijd die nodig is voor de ontvluchting dan de feitelijke verplaatsingstijd. In de literatuur zijn gegevens bekend over de totale vluchttijd, dat is de tijd tussen het ontvangen van de eerste signalen van brand en het moment dat de aanwezigen zich in veiligheid hebben gebracht in geval van werkelijke branden. Er is echter weinig informatie beschikbaar over de periode van besluitvorming en over de beslissingen die individuen nemen.

Wat betreft de modellering van het menselijk gedrag bij ontvluchtingen geeft Sime de volgende onderwerpen aan die om nader onderzoek vragen:

- brandscenario's en gedragsscenario's van mensen;
- gebruikers- en activiteitenpatronen: de situatie van gebouwgebruik, reactietijd van aanwezigen en de ontvluchtingsstrategie;
- reactiepatronen bij verschillende typen waarschuwingssystemen;
- ontwerpcriteria op gebied van wayfinding;
- beginlocaties van aanwezigen, aankomst bij uitgangen en doorstromingsnelheden bij uitgangen;
- keuze tussen schuilen en/of vluchten als alternatief voor overlevingsstrategieën.

Het onderzoek in de toekomst zal met name gericht moeten zijn op de onderwerpen die Sime noemt en op de onderliggende intenties, motieven en percepties van de vluchtende personen in relatie tot de individuele beslissingen. Zo

zal in toekomstig onderzoek antwoord gezocht kunnen worden op de vragen *waarom* mensen een bepaalde route nemen en niet een andere, *waarom* mensen bij het horen van een ontruimingssignaal niet vluchten, en *waarom* mensen door rook lopen ondanks dat zij mogelijk weten dat dit gevaarlijk is, of een andere overlevingsstrategie kiezen dan op een veilige plaats wachten op redding. Het verdient verder aanbeveling in praktijkonderzoek naar het menselijk gedrag bij brand nader onderzoek te doen naar de invloed van het geloof in eigen kunnen. Als bekend is op welke wijze en in welke mate het geloof in eigen kunnen van invloed is, kan het geloof in eigen kunnen in geval van brand mogelijk versterkt worden door gerichte voorlichting en training.

De informatie over de intenties, motieven en percepties van de vluchtende personen in relatie tot de individuele beslissingen is nodig om te bepalen welke maatregelen de besluitvormingstijd kunnen verkorten en welke maatregelen leiden tot de juiste routekeuze van vluchtende personen. Of, zoals visionair en futuroloog Joel A. Barker¹²⁵ stelt:

‘Snelheid is alleen gunstig als je in de juiste richting rent.’

125. Joel A. Barker is de eerste persoon die het wetenschappelijk concept van paradigmaverschuivingen begrijpelijk heeft gemaakt voor het bedrijfsleven.

DEEL 4

BIJLAGEN

BIJLAGE 1

TABELLEN

Tabel B1 Overleveringscriteria bij brand [Irvine e.a., 2000]

| Gevaar ­ type Parameters | Eenheid | Waarde voor de parameter* | Opmerkingen |
|--|-----------------|--|---|
| Hitte | | | |
| Stralingsflux | KW/m² | < 1,0 | Ernstige pijn en ontstaan van brandwonden bij overschrijding. |
| Convectie temperatuur | °C | < 120 | Ernstige pijn en ontstaan van brandwonden bij overschrijding. |
| Conductie temperatuur | °C | < 60 | Ernstige pijn en ontstaan van brandwonden bij overschrijding. |
| Rookdichtheid | | | |
| Zicht | m | > 10 | Aangegeven door Rasbash. In literatuur worden ook andere limieten genoemd. |
| Optische dichtheid | OD/m | < 0,13 | Aangegeven door Rasbash. In literatuur worden ook andere limieten genoemd. |
| Extinctie coëfficiënt | m ⁻¹ | < 0,3 | Aangegeven door Rasbash. In literatuur worden ook andere limieten genoemd. |
| Toxische gassen | | | |
| CO | % COHb** | < 34% COHb equivalent tot < 26500 ppm/min cumu- latieve blootstel- ling | Meest voorkomende doodsoorzaak. Aanwezig bij verbranding van alle materialen die koolstof bevatten. Dosis van blootstelling (in ppm) op een vastgesteld moment dat het reactievermogen uitvalt. De dosis per blootstelling- periode is cumulatief, zie [SFPE, 2003] voor details bereke- ningsprocedures. |
| HCN | ppm | Complex, in het algemeen < 150 | Aanwezig bij verbranding van materialen die stikstof bevatten. Dosis van blootstelling (in ppm) op een vastgesteld moment dat het reactievermogen uitvalt. De dosis per blootstel- lingperiode is cumulatief, zie [SFPE, 2003] voor details over berekenningsprocedures. |
| HCl | ppm | < 100 (ernstige irritatie) | Aanwezig bij ontbinding/verbranding van PVC. |
| Acroléïne | ppm | < 5,5 (ernstige irritatie) | Aanwezig bij verbranding van een aantal uit polymeren opge- bouwde materialen. |
| Hypoxia | | | |
| O ₂ | ppm | > 100000 | Bij mindere dosis verliest men al snel fysieke en mentale functionaliteit. |

* waarbij het reactievermogen nog aanwezig is

** gemetaboliseerde CO

Tabel B2 Invloed van zichtlengte op percentage personen dat door rook loopt [SFPE, 2002]

| Zichtlengte (m) | GB (% , N=1316) | VS (% , N=366) |
|-----------------|-----------------|----------------|
| 0-0,6 | 12,0 | 10,2 |
| 0,7-1,8 | 25,0 | 17,2 |
| 1,9-3,7 | 27,0 | 20,2 |
| 3,8-9,1 | 11,0 | 31,7 |
| 9,2-11 | 3,0 | 2,2 |
| 11-14 | 3,0 | 3,7 |
| 14-18 | 3,0 | 7,4 |
| > 18 | 17,0 | 7,4 |

Tabel B3 Invloed van zichtlengte door rook op het besluit om terug te keren of een andere route te kiezen [Gwynne e.a., 2001]

| Zichtlengte (m) | GB (% , N=570) | VS (% , N=85) |
|-----------------|----------------|---------------|
| 0-0,6 | 29,0 | 31,8 |
| 0,7-1,8 | 37,0 | 22,3 |
| 1,9-3,7 | 25,0 | 22,3 |
| 3,8-9,1 | 6,0 | 17,6 |
| 9,2-11 | 0,5 | 1,3 |
| 11-14 | 1,0 | 0,0 |
| 14-18 | 0,5 | 4,7 |
| > 18 | 1,0 | 0,0 |

Tabel B4 Invloed van groepsvorming op overlevingskans [Cornwell, 2003]

| Groeps- omvang | Aantal groe- pen* | Aantal doden | Aantal groepsleden die ontvluchting hebben overleefd** | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-----------------|--|----|-----|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2 | 256 | 70 | 25 | 20 | 211 | | | | | | |
| 3 | 10 | 4 | 1 | 0 | 1 | 8 | | | | | |
| 4 | 15 | 15 | 1 | 2 | 2 | 1 | 9 | | | | |
| 5 | 8 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | | | |
| 6 | 10 | 10 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 7 | | |
| 7 | 2 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 8 | 3 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| 10 | 1 | 0 | ----- iedereen heeft het overleefd ----- | | | | | | | | |

Overgenomen van Feinberg en Johnson (2001) in Cornwell (2003)
* Omvat alleen het aantal groepen die gebruikt zijn in de multivariabele analyse (N=305)
** De gearceerde vlakken geven aan waar in de primaire groepen een blokkering van de ontvluchting kan ontstaan vanwege dodelijke slachtoffers

Tabel B5 Bepalende tijdstippen bij fatale branden in Nederland (in klokuur)

| Gebouwtype | Jaar | Ontstaan brand | Brand ontdekt | Alarmering brandweer | Alarmering bewoners | Start ontvluchting | Instorting gebouw(deel) |
|------------------------------|------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| Bejaardentehuis | 1970 | 23.00-23.30 | 23.30 | 23.39 | | | |
| Bejaardenpension | 1979 | | | 00.40 | | | |
| Psychiatrische inrichting | 1970 | 21.35-21.40 | | | | | |
| Psychiatrische inrichting | 1971 | 22.15 | 22.30 | 22.30 | | 22.30 | |
| Psychiatrische inrichting | 1982 | | 00.41 | 00.47 | | 00.41 | |
| Pension voor gastarbeiders | 1970 | | | 00.12 | 00.12 | | |
| Hotel | 1971 | 05.30 | | | | | |
| Hotel | 1977 | 04.30 | 06.20 | 06.39 | | 06.30 | 07.00 |
| Pension | 1992 | <04.39 | | | | | |
| Nachtclub | 1983 | 22.52 | | | | | |
| Café | 2001 | 00.30 | | | | | |
| Cellencomplex voor illegalen | 2005 | 23.55 | 23.55 | 23.58 | | 23.58 | |

< = eerder dan

Tabel B6 Slachtoffers en overlevenden van fatale branden in Nederland (selectie)

| Incidentgegevens | Gebouwtype, jaartal | Bejaardentehuis, 1970 | Bejaardenpension, 1979 | Psychiatrische inrichting, 1970 | Psychiatrische inrichting, 1971 | Psychiatrische inrichting, 1982 | Cellencomplex voor illegalen, 2005 | Pension voor gastarbeiders, 1970 | Pension, 1992 | Hotel, 1971 | Hotel, 1977 | Nachtclub, 1983 | Café, 2001 |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|--|--|---|---|----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-------------------|
| Aantal aanwezigen | | | | | | | | | | | | | |
| Personeel | | 1 | 3 | 10 | 2 | 5 | 4 | | x | x | 2 | | |
| Bewoners/gasten | | 26 | 20 | 126 | 47 | 20 | 298 | x | 35 | 86 | 109 | x | 300 |
| Aantal slachtoffers | | | | | | | | | | | | | |
| Aantal doden | | 7 | 7 | 12 | 13 | 6 | 11 | 8 | 11 | 11 | 33 | 13 | 14 |
| Totaal aantal gewonden | | x | | x | | | x | | 11 | | 57 | 25 | 200 |
| Waarvan zwaargewond | | | | 32 | | | | | | | 21 | | |
| Plaats dodelijke slachtoffers | | | | | | | | | | | | | |
| Afgesloten ruimte | | | 3 | | 13 | 6 | 11 | 8 | | 9 | | 11 | 4 |
| In ziekenhuis | | | 1 | | | | | | | | | | 10 |
| Anders/onbekend | | 7 | 3 | 12 | 13 | - | - | 8 | 11 | 2 | 33 | 2 | - |
| Aantal gered | | | | | | | | | | | | | |
| Springen | | - | 2 | - | | - | - | 12 | - | 4 | 18 | - | - |
| Door personeel/brandweer | | 19 | 2 | 32 | 40 | 14 | 287 | 6 | - | 11 | 39 | - | - |
| Anders of onbekend hoe | | - | 14 | 82 | - | - | - | x | 24 | 60 | 21 | x | 286 |

x = van toepassing - = niet van toepassing

Tabel B7 Slachtoffers en overlevenden van fatale branden in Nederland (volledig)

| Incidentgegevens | Gebouwtype, jaartal | | Bejaardentehuis, 1970 | Bejaardenpension, 1979 | Psychiatrische inrichting, 1970 | Psychiatrische inrichting, 1971 | Psychiatrische inrichting, 1982 | Cellencomplex voor illegalen, 2005 | Pension voor gastarbeiders, 1970 | Pension, 1992 | Hotel, 1971 | Hotel, 1977 | Nachtclub, 1983 | Café, 2001 |
|--|----------------------------|----|------------------------------|-------------------------------|--|--|--|---|---|----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-------------------|
| Aantal aanwezigen | | | | | | | | | | | | | | |
| Personeel | 1 | 3 | 10 | 2 | 5 | 4 | | | x | x | 2 | | | |
| Bewoners/gasten | 26 | 20 | 126 | 47 | 20 | 298 | | x | 35 | 86 | 109 | | x | 300 |
| Waarvan niet-mobiel/ niet-zelfredzaam | - | | 126 | 47 | 20 | 298 | | - | 35 | - | - | | - | - |
| Aantal slachtoffers | | | | | | | | | | | | | | |
| Aantal doden | 7 | 7 | 12 | 13 | 6 | 11 | | 8 | 11 | 11 | 33 | | 13 | 14 |
| Totaal aantal gewonden | x | | x | | | x | | | 11 | | 57 | | 25 | 200 |
| Waarvan zwaargewond | | | 32 | | | | | | | | 21 | | | |
| Plaats dodelijke slachtoffers | | | | | | | | | | | | | | |
| Afgesloten ruimte | | 3 | | 13 | 6 | 11 | | 8 | | 9 | | | 11 | 4 |
| Brandcompartiment | | | | | 6 | | | | | | | | | |
| Ingestort bouwdeel | | 2 | | | | | | | | | | 18 | | |
| Als gevolg van springen | | 2 | | | | | | | | 2 | 5 | | | |
| In ziekenhuis | | 1 | | | | | | | | | | | | 10 |
| Onbekend | 7 | | 12 | 13 | | | | 8 | 11 | | 10 | | 2 | |
| Aantal gered | | | | | | | | | | | | | | |
| Springzeil | - | - | - | | - | - | | 12 | - | - | 10 | | - | - |
| Springen zonder springzeil | - | 2 | - | | - | - | | x | - | 4 | 8 | | - | - |
| Ladder/-wagen brandweer | - | | 32 | | - | - | | 6 | - | - | 28 | | - | - |
| Via noodtrap | - | | - | | - | - | | - | - | x | - | | - | - |
| Via lift en noodtrap | - | - | - | | - | - | | - | - | 7 | - | | - | - |
| Geknoopte lakens uit raam | - | 1 | - | | - | - | | | - | x | - | | | |
| Anders, door personeel/ brandweer | 19 | 2 | - | 40 | 14 | 287 | | - | - | 11 | 11 | | | |
| Anders of onbekend hoe | - | 13 | 82 | | - | - | | x | 24 | 53 | 21 | | x | 286 |

x = van toepassing - = niet van toepassing (wel goed uitgevoerd)

Tabel B8 Bepalende gebouwfactoren bij fatale branden in Nederland

| Incidentgegevens | Gebouwtype, jaartal | Bejaardentehuis, 1970 | Bejaardenpension, 1979 | Psychiatrische inrichting, 1970 | Psychiatrische inrichting, 1971 | Psychiatrische inrichting, 1982 | Cellencomplex voor illegalen, 2005 | Pension voor gastarbeiders, 1970 | Pension, 1992 | Hotel, 1971 | Hotel, 1977 | Nachtclub, 1983 | Café, 2001 |
|--|---------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|------------|
| Aanwezigen | | | | | | | | | | | | | |
| Aantal doden | | 7 | 7 | 12 | 13 | 6 | 11 | 8 | 11 | 11 | 33 | 13 | 14 |
| Overbezetting | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | x |
| Gebrekkige BHV-organisatie | | - | x | x | x | x | x | | x | | x | | x |
| Brand | | | | | | | | | | | | | |
| Snelle branduitbreiding na ontdekken brand | | x | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Veel brandbaar materiaal | | x | | | | - | x | | | x | x | | x |
| Branduitbreiding via trappenhuis | | x | x | x | - | - | - | | x | x | x | | - |
| Branduitbreiding via liftschaft | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - |
| Branduitbreiding via verlaagd plafond | | | | x | x | - | x | | - | - | - | - | - |
| Geen brandwerende scheiding | | | x | | x | - | x | | x | | x | x | - |
| Vluchtroute | | | | | | | | | | | | | |
| Brand nabij trappenhuis | | x | | | - | - | - | | | - | x | | x |
| Open trappenhuis | | | x | x | - | - | - | | x | x | x | | - |
| Noodtrap slecht uitgevoerd | | x | | x | - | - | - | | | - | x | | - |
| Vluchtroute geblokkeerd (rook en hitte) | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Deuren afgesloten (op slot) | | - | - | x | x | x | x | - | - | - | - | x | x |
| Doodlopende gangen | | | | | | - | - | | x | | x | | - |
| Tralies achter ramen | | - | - | - | - | - | x | - | - | - | - | - | x |
| Installaties | | | | | | | | | | | | | |
| Geen/slechte noodverlichting en vluchtrouteaanduiding | | | | x | x | | - | x | x | x | x | | - |
| Brandmeldinstallatie niet aanwezig of niet functionerend | | x | x | x | x | - | x | x | x | x | x | x | x |

x = van toepassing - = niet van toepassing (wel goed uitgevoerd)

Tabel B9 Bepalende factoren voor fataliteit in VS [Tubbs, 2004]

| Incidentgegevens | | | Bepalende factoren voor fataliteit | | | | | | | |
|---------------------------|---------|--------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------|--------------|------------|---------------|------------------------|
| | | | Uitgang | | | | | | Bezetting | |
| | | | Afwerving interieur | Vertraagde ontvluchting | Verborgen/geblokkeerd | Afgesloten | Draarichting | Capaciteit | Overbezetting | Verdrukking in menigte |
| Naam | Jaartal | Aantal doden | | | | | | | | |
| Richmond Theater | 1811 | 160 | X | | | | | X | | X |
| Conway's Theater | 1876 | 315 | X | | X | | | X | | X |
| Iroques Theater | 1903 | 602 | X | X | X | X | | X | X | |
| Rhodes Opera House | 1908 | 170 | X | | | X | | | | X |
| Rhythm Club dance hall | 1940 | 207 | X | | X | | X | X | X | X |
| Cocoanut Grove nightclub | 1942 | 492 | X | X | X | X | X | x | X | X |
| Ringling Brothers circus | 1944 | 168 | X | | X | | | X | | |
| Beverly Hills Supper Club | 1977 | 164 | X | X | X | X | | X | X | X |
| Happy Land social club | 1990 | 87 | X | | X | X | | X | | |
| Station Nightclub | 2003 | 100 | X | | X | | X | ? | ? | X |

Tabel B10 Omstandigheden slachtoffers fatale woningbranden

| Omstandigheid | Percentage (N=40) |
|-------------------------------------|-------------------|
| Slapend | 40,0 |
| Onder invloed (drank, drugs) | 12,5 |
| Slapend en onder invloed | 15,0 |
| Wakend | 10,0 |
| Sociale spanningen (w.o. zelfmoord) | 10,0 |
| Dement | 5,0 |
| Minder valide | 2,5 |
| Niet bekend | 5,0 |

Tabel B11 Bezettingsniveaus voor loopgebieden [Fruin, 1971]

| Bezettings-niveau | Loopgebieden | | |
|-------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|
| | Bezettingsgraad in m ² /pers | Doorstroomsnelheid in pers/m/min | Gemiddelde loopsnelheid in m/s |
| A | ≥ 3,24 | < 23 | > 1,3 |
| B | 2,32 - 3,24 | 23 - 33 | 1,27 |
| C | 1,39 - 2,32 | 33 - 49 | 1,22 |
| D | 0,93 - 1,39 | 49 - 66 | 1,14 |
| E | 0,46 - 0,93 | 66 - 82 | 0,76 |
| F | < 0,46 | ≥ 82 | < 0,76 |

Tabel B12 Bezettingsgraadklassen conform Bouwbesluit 2003

| Klasse | Bezettingsgraad conform Bouwbesluit 2003 | |
|--------|--|---|
| | In m ² gebruiksooppervlakte per persoon | In m ² vloersoppervlakte aan verblijfsgebied per persoon |
| B1 | > 0,8 - ≤ 2 | > 0,5 - ≤ 1,3 |
| B2 | > 2 - ≤ 5 | > 1,3 - ≤ 3,3 |
| B3 | > 5 - ≤ 12 | > 3,3 - ≤ 8 |
| B4 | > 12 - ≤ 30 | > 8 - ≤ 20 |
| B5 | > 30 | > 20 |

Tabel B13 Bezettingsniveaus voor trappen [Fruin, 1971]

| Bezettings-niveau | Trappen | |
|-------------------|---|----------------------------------|
| | Bezettingsgraad in m ² /pers | Doorstroomsnelheid in pers/m/min |
| A | > 1,85 | < 17 |
| B | 1,85 - 1,39 | 17 - 23 |
| C | 1,39 - 0,93 | 23 - 33 |
| D | 0,93 - 0,65 | 33 - 43 |
| E | 0,65 - 0,37 | 43 - 56 |
| F | ≤ 0,37 | ≥ 56 |

Tabel B14 Loopsnelheid op trappen, in m/min en in (m/s) [Fruin, 1971]

| Leeftijdscategorie | Neergaande richting | | Opgaande richting | |
|---------------------|---------------------|--------------|-------------------|--------------|
| | Binnentrap* | Buitentrap** | Binnentrap* | Buitentrap** |
| 29 en jonger | | | | |
| Mannen | 49,7 (0,83) | 55,8 (0,93) | 33,5 (0,56) | 36,6 (0,61) |
| Vrouwen | 40,7 (0,68) | 40,2 (0,67) | 32,3 (0,54) | 33,5 (0,56) |
| Groepsgemiddelde | 45,4 (0,76) | 48,8 (0,81) | 32,9 (0,55) | 35,1 (0,59) |
| 30 tot 50 jaar | | | | |
| Mannen | 41,5 (0,69) | 48,8 (0,81) | 30,8 (0,51) | 35,4 (0,59) |
| Vrouwen | 30,5 (0,51) | 39,0 (0,65) | 28,7 (0,48) | 32,6 (0,54) |
| Groepsgemiddelde | 38,7 (0,65) | 46,6 (0,78) | 30,2 (0,50) | 34,7 (0,58) |
| 50 en ouder | | | | |
| Mannen | 34,1 (0,57) | 36,0 (0,60) | 25,9 (0,43) | 24,7 (0,41) |
| Vrouwen | 28,3 (0,47) | 33,8 (0,56) | 23,5 (0,39) | 27,1 (0,45) |
| Groepsgemiddelde | 32,9 (0,55) | 35,7 (0,60) | 25,3 (0,42) | 25,3 (0,42) |
| Algemeen gemiddelde | 40,2 (0,67) | 46,3 (0,77) | 30,5 (0,51) | 24,7 (0,41) |

* Binnentrap: optrede 17,8 cm, aantrede 28,6 cm, helling 32°

** Buitentrap: optrede 15,3 cm, aantrede 30,5 cm, helling 27°

Tabel B15 Loopsnelheid op trappen, in m/s [Weidmann, 1993, in: Rogsch e.a., 2007]

| Leeftijdscategorie | Onbelemmerde snelheid | Neergaande richting | | Opgaande richting | |
|--------------------|-----------------------|---------------------|---------|-------------------|---------|
| | | Bordes | Helling | Bordes | Helling |
| 15 tot 25 jaar | | | | | |
| Mannen | 1,58 | 0,79 | 0,91 | 0,70 | 0,81 |
| Vrouwen | 1,42 | 0,71 | 0,82 | 0,63 | 0,72 |
| 25 tot 35 jaar | | | | | |
| Mannen | 1,54 | 0,77 | 0,89 | 0,68 | 0,79 |
| Vrouwen | 1,39 | 0,70 | 0,80 | 0,61 | 0,71 |
| 35 tot 45 jaar | | | | | |
| Mannen | 1,48 | 0,74 | 0,85 | 0,65 | 0,75 |
| Vrouwen | 1,33 | 0,67 | 0,77 | 0,59 | 0,68 |
| 45 tot 55 jaar | | | | | |
| Mannen | 1,41 | 0,71 | 0,81 | 0,62 | 0,72 |
| Vrouwen | 1,27 | 0,64 | 0,73 | 0,56 | 0,65 |
| 55 tot 65 jaar | | | | | |
| Mannen | 1,26 | 0,63 | 0,73 | 0,56 | 0,64 |
| Vrouwen | 1,14 | 0,57 | 0,66 | 0,50 | 0,58 |

Tabel B16 Reactietijden [Fahe en Proulx, 2001]

| Reactietijden, verkregen uit brandincidenten en ontruimingsoefeningen, zoals gerapporteerd in literatuur (in minuten) | | | | | | | | |
|--|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| Gebouwtype | N | Min | P25 | Med | P75 | Max | Gem | Factoren |
| Hotel (hoogbouw) | 536 | 0 | 3,3 | 60,0 | 130,9 | 290 | x | Brand in MGM Grand Hotel, geen brandalarm, verzamelde data uit vragenlijsten |
| Hotel (hoogbouw) | 47 | 0 | 2,0 | 5,0 | 17,5 | 120 | x | Brand in Westchase Hilton Hotel, in de eerste fase geen brandalarm, verzamelde data uit vragenlijsten |
| Kantoor (hoogbouw) | 85 | 0 | 2,0 | 5,0 | 10,0 | 245 | 11,3 | Explosie en brand in World Trade Center, geen brandalarm (gebouw dichtbij de explosie) |
| Kantoor (hoogbouw) | 46 | 0 | 4,5 | 10,0 | 31,5 | 185 | 28,4 | Explosie en brand in World Trade Center, geen brandalarm (gebouw verder van de explosie) |
| Kantoor (hoogbouw) | 107 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 6,0 | x | Brand, geen brandalarm, data uit interviews met evacués van vier verdiepingen (11 respondenten zijn door de brand ingesloten geweest) |
| Kantoor (hoogbouw) | 12 | 0,5 | x | 1,0 | x | 2,3 | 1,2 | Onaangekondigde ontruimings-oefening op drie verdiepingen, data van de eerste persoon die de trappenhuizen bereikte en wachtte op instructie, getraind personeel, data uit video-opnamen |
| Kantoor (meer lagen) | 92 | 0 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | <4 | 0,6 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, goed functionerend brandalarm, BHV'ers, warme dag |
| Kantoor (meer lagen) | 161 | 0 | 0,5 | 0,9 | 1,4 | <5 | 1,1 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, goed functionerend brandalarm, BHV'ers, koude dag |
| Warenhuis (één laag) | 95 | 1,0 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,9 | 0,4 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, getraind personeel, data uit verzamelde data van 95 deelnemers |
| Warenhuis (drie lagen) | 122 | 0,05 | x | x | x | 1,6 | 0,6 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, getraind personeel, tijden op basis van videoanalyses |
| Warenhuis (één laag) | 122 | 0,07 | x | x | x | 1,7 | 0,5 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, getraind personeel, tijden op basis van videoanalyses |
| Warenhuis (één laag) | 71 | 0,03 | x | x | x | 1,0 | 0,4 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, getraind personeel, tijden op basis van videoanalyses |

x = geen gegevens bekend

Tabel B17 Reactietijden [Fahe en Proulx, 2001]

| Reactietijden, verkregen uit brandincidenten en ontruimingsoefeningen, zoals gerapporteerd in literatuur (in minuten) | | | | | | | | |
|--|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---|
| Gebouwtype | N | Min | P25 | Med | P75 | Max | Gem | Factoren |
| Woongebouw (hoogbouw) | x | 0 | x | x | x | x | 10,5 | Brand in Forest Laneway, data van bewoners die in het eerste uur probeerden te vluchten, data uit vragenlijsten |
| Woongebouw (hoogbouw) | 219 | 0 | x | 187,8 | x | 720 | 190,8 | Brand in Forest Laneway, data van alle bewoners |
| Woongebouw (hoogbouw) | 33 | 0,3 | 0,8 | 1,3 | 4,4 | 10,2 | 2,8 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, goed functionerend brandalarm |
| Woongebouw (hoogbouw) | 93 | 0,4 | 1,5 | 3,6 | 6,9 | 18,6 | 5,3 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, goed functionerend brandalarm, hevige sneeuwval tijdens oefening |
| Woongebouw (hoogbouw) | 27 | 1,0 | 2,0 | 8,0 | 14,0 | >20 | x | Brand in vroege ochtend, functionerend brandalarm, minder dan de helft van de bewoners is gevlucht |
| Woongebouw (meerlaags) | 42 | 0,6 | 1,0 | 1,4 | 3,0 | >14 | 2,5 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, goed functionerend brandalarm |
| Woongebouw (meerlaags) | 55 | >0,5 | 1,6 | 4,4 | 13,5 | >21 | 8,4 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, slecht functionerend brandalarm |
| Woongebouw (meerlaags) | 77 | >0,3 | 1,9 | 7,7 | 19,1 | >24 | 9,7 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, slecht functionerend brandalarm |
| Woongebouw (meerlaags) | 80 | >0,3 | 1,2 | 2,5 | 3,7 | >12 | 3,1 | Onaangekondigde ontruimings-oefening, goed functionerend brandalarm |
| Gebouw op trainingsinstituut | 566 | <0,2 | 0,7 | 1,1 | 1,5 | >5 | x | Test met slapende personen op een trainingsinstituut |

x = geen gegevens bekend

Tabel B18 Reactietijden [Fahe en Proulx, 2001]

| Loopsnelheden zoals gerapporteerd in literatuur (in m/s) | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|
| A. Situaties waarbij bezettingsdichtheid NIET van invloed was (zoals gerapporteerd) | | | | | |
| Situatie | Gemeten loopsnelheden | | | | |
| Terminals (treinstations e.d.) | 1,35 m/s (265 ft/min) op voetpaden | | | | |
| Gemiddelde onder 'normale condities' | 1,0 m/s (60 m/min) | | | | |
| Ontruimingsoefening in woongebouw (meerlaags) | 0,47 m/s op trappen variërend van 0,34 tot 1,08 m/s verschillende leeftijdscategorieën (volwassenen) één persoon met visuele beperking liep 0,31 m/s | | | | |
| Ontruimingsoefening in woongebouw (meerlaags) | 0,44 m/s op trappen variërend van 0,32 tot 0,56 m/s verschillende leeftijdscategorieën (volwassenen) | | | | |
| Ontruimingsoefening in woongebouw (meerlaags) | 0,41 m/s op trappen variërend van 0,30 tot 0,47 m/s verschillende leeftijdscategorieën bij volwassenen | | | | |
| Ontruimingsoefening in woongebouw (hoogbouw) | 1,05 m/s variërend van 0,57 tot 1,20 m/s verschillende leeftijdscategorieën bij volwassenen | | | | |
| Ontruimingsoefening in woongebouw (hoogbouw) | 0,95 m/s variërend van 0,56 tot 1,12 m/s verschillende leeftijdscategorieën bij volwassenen | | | | |
| Experimenten met gehandicapte mensen | Min | P25 | P75 | Max | Gem |
| <i>Horizontale verplaatsing</i> | | | | | |
| Alle deelnemers | 0,10 | 0,71 | 1,28 | 1,77 | 1,00 |
| Zonder mobiele beperking | 0,82 | 1,05 | 1,34 | 1,77 | 1,25 |
| Mobiele beperking | 0,10 | 0,57 | 1,02 | 1,68 | 0,80 |
| Zonder hulpmiddelen | 0,24 | 0,70 | 1,02 | 1,68 | 0,95 |
| Lopend met ondersteuning door anderen | 0,21 | 0,58 | 0,92 | 1,40 | 0,78 |
| Met hulpmiddelen: | | | | | |
| Krukken | 0,63 | 0,67 | 1,24 | 1,35 | 0,94 |
| Wandelstok | 0,26 | 0,49 | 1,08 | 1,60 | 0,81 |
| Rollator | 0,10 | 0,34 | 0,83 | 1,02 | 0,57 |
| Rolstoel, zonder hulp | 0,85 | - | - | 0,93 | 0,89 |
| Rolstoel, met hulp | 0,84 | 1,02 | 1,59 | 1,98 | 1,30 |
| <i>Opwaartse verticale verplaatsing</i> | | | | | |
| Alle deelnemers | 0,21 | 0,42 | 0,74 | 1,32 | 0,62 |
| Zonder mobiele beperking | 0,70 | - | - | 1,32 | 1,01 |
| Mobiele beperking | 0,21 | 0,42 | 0,72 | 1,08 | 0,59 |
| Zonder hulpmiddelen | 0,30 | 0,48 | 0,87 | 1,08 | 0,68 |
| Lopend met ondersteuning door anderen | 0,23 | 0,42 | 0,70 | 0,72 | 0,53 |
| Met hulpmiddelen: | | | | | |
| Krukken | 0,35 | - | - | 0,53 | 0,46 |
| Wandelstok | 0,21 | 0,38 | 0,70 | 1,05 | 0,52 |
| Rollator | 0,30 | - | - | 0,42 | 0,35 |
| Rolstoel, zonder hulp | 0,70 | - | - | - | - |
| Rolstoel, met hulp | 0,53 | 0,70 | 1,05 | 1,05 | 0,89 |

| Experimenten met gehandicapte mensen | Min | P25 | P75 | Max | Gem |
|---|------|------|------|------|------|
| <i>Neerwaartse verticale verplaatsing</i> | | | | | |
| Alle deelnemers | 0,10 | 0,42 | 0,70 | 1,83 | 0,60 |
| Zonder mobiele beperking | 0,70 | - | - | 1,83 | 1,26 |
| Mobiele beperking | 0,10 | 0,42 | 0,70 | 1,22 | 0,58 |
| Zonder hulpmiddelen | 0,28 | 0,45 | 0,94 | 1,22 | 0,68 |
| Lopend met ondersteuning door anderen | 0,42 | 0,52 | 0,86 | 1,05 | 0,69 |
| Met hulpmiddelen: | | | | | |
| Krukken | 0,42 | - | - | 0,53 | 0,47 |
| Wandelstok | 0,18 | 0,35 | 0,70 | 1,04 | 0,51 |
| Rollator | 0,10 | - | - | 0,52 | 0,36 |
| Rolstoel, zonder hulp | 1,05 | - | - | - | - |
| Rolstoel, met hulp | 0,70 | 0,96 | 1,05 | 1,05 | 0,96 |

Tabel B19 Reactietijden [Fahe en Proulx, 2001]

| Loopsnelheden zoals gerapporteerd in literatuur (in m/s) | | | |
|--|---|---------------|-----------------------|
| B. Situaties waarbij bezettingsdichtheid WEL van invloed was | | | |
| Situatie/gebouwtype | Gemeten loopsnelheden | | |
| Openbare gebieden | 0,51-1,27 m/s op voetpaden (100-250 ft/min) | | |
| | 0,36-0,76 m/s op trappen (70-150 ft/min) | | |
| Openbare gebieden | > 0,28 m/s bij horizontale verplaatsing (17m/min) | | |
| | 0,18-0,27 m/s op trappen bij neerwaartse verplaatsing (11-16 m/min) | | |
| Theaters en studiezalen | 0,25-0,33 m/s | (15-20 m/min) | max 2,33 m/s |
| Industriegebouwen | 0,42-0,56 m/s | (25-30 m/min) | max 2,33 m/s |
| Terminals (treinstations e.d.) | 0,33-0,83 m/s | (20-25 m/min) | max 2,10 m/s |
| Neerwaartse verplaatsing op trappen | 0,33-0,42 m/s | (20-25 m/min) | max 1,28 m/s |
| Ontruimingsoefening in kantoorgebouw (hoogbouw) | | | |
| | <i>Gemiddelde snelheid</i> | | <i>Dichtheid</i> |
| Trap, normale verlichting (245 lux) | 0,61 m/s | | 1,30 p/m ² |
| Trap, noodverlichting (57 lux) | 0,70 m/s | | 1,25 p/m ² |
| Trap, noodverlichting (74 lux) en fotoluminescente borden | 0,72 m/s | | 1,00 p/m ² |
| Trap, geen verlichting en fotoluminescente borden | 0,57 m/s | | 2,05 p/m ² |
| Ontruimingsoefening in kantoorgebouw (meerlaags) | 0,78 m/s op trappen bij neerwaartse verplaatsing | | |
| Ontruimingsoefening in kantoorgebouw (meerlaags) | 0,93 m/s op trappen bij neerwaartse verplaatsing | | |

| Experimenten in hotel (lopen in gangen) | Min | P25 | Med | P75 | Max | Gem |
|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>Overdag, scenario 1</i> | | | | | | |
| Deelnemers zonder mobiele beperking | 0,6 | 1,1 | 1,3 | 1,8 | 4,0 | 1,5 |
| Rolstoelgebruikers | 0,2 | - | - | - | 1,2 | 0,8 |
| Mobiele beperking (moeilijk lopend) | 0,1 | - | - | - | - | - |
| <i>Overdag, scenario 2</i> | | | | | | |
| Deelnemers zonder mobiele beperking | 0,3 | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,6 | 1,1 |
| Rolstoelgebruikers | 0,4 | - | - | - | 0,7 | 0,6 |
| Mobiele beperking (moeilijk lopend) | 0,7 | - | - | - | - | - |
| <i>Nachtscenario</i> | | | | | | |
| Deelnemers zonder mobiele beperking | 0,5 | 1,1 | 1,3 | 1,7 | 3,8 | 1,5 |
| Rolstoelgebruikers | 0,5 | - | - | - | 0,9 | 0,7 |
| Mobiele beperking (moeilijk lopend) | 2,4* | - | - | - | - | - |

* Deze persoon legde met deze snelheid een afstand van 4,9 meter af

Tabel B20 Experimenten in trappenhuizen, verlichtingscondities [Proulx e.a., 2000]

| Trappenhuis | Verlichtingsconditie |
|-------------|--|
| A | Noodverlichting, 57 lux |
| B | Normale verlichting, 245 lux (controle test) |
| C | Fotoluminescente borden (FL)*, hangend aan plafond, 45x15 cm |
| D | Fotoluminescente borden (FL) met noodverlichting, 74 lux |

* In de periode voor de ontluchting werden de borden door normale verlichting 'opgeladen', vlak voor het ontruimingssignaal werd de normale verlichting uitgezet

Tabel B21 Experimenten in trappenhuizen, kwaliteit van verlichting [Proulx e.a., 2000]

| Kwaliteit van verlichting | Aantal beoordelingen (valide percentage) | | | |
|---------------------------|--|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | Trappenhuis A (57 lux) | Trappenhuis B (245 lux) | Trappenhuis C (alleen FL) | Trappenhuis D (FL + 74 lux) |
| Zeer goed | 26 (55%) | 27 (60%) | 14 (20%) | 18 (50%) |
| Acceptabel | 18 (38%) | 18 (40%) | 36 (50%) | 18 (50%) |
| Slecht | 3 (7%) | 0 (0%) | 11 (15%) | 0 (0%) |
| Gevaarlijk | 0 (0%) | 0 (0%) | 11 (15%) | 0 (0%) |
| Totaal | 47 (100%) | 45 (100%) | 72 (100%) | 36 (100%) |

Tabel B22 Experimenten in trappenhuisen, dichtheid en loopsnelheden [Proulx e.a., 2000]

| Trappenhuis | Aantal personen | Dichtheid (pers./m ²) | Waargenomen gemiddelde loopsnelheid (m/s) | Berekende loopsnelheid (m/s)* |
|-------------|-----------------|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| A | 82 | 1,25 | 0,70 | 0,72 |
| B | 101 | 1,30 | 0,61 | 0,70 |
| C | 144 | 2,05 | 0,57** | 0,49 |
| D | 65 | 1,00 | 0,72 | 0,79 |

* Berekend volgens de formule die Pauls (1995) heeft ontwikkeld op basis van 21 casestudies van de ontvluchting uit hoge kantoorgebouwen, te weten: $s = 1,08 - 0,29 \cdot d$, waarin 's' de loopsnelheid is in m/s en 'd' de dichtheid van personen is in p/m².

** De loopsnelheid in trappenhuis C werd vertraagd door een tegenstroom van hulpverleners die omhoog liepen.

Tabel B23 Besluitvormingstijden per risicocategorie en gebouwkenmerken. Gebaseerd op Purser (2003)

| Risicocategorie | | | Besluitvormingstijd | |
|---|--------------|--------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Management | Complexiteit | Alarmsysteem | 1 ^o percentiel (minuten) | 99 ^o percentiel (minuten) |
| 1A: Slapend en bekend | | | | |
| M2 | B1 | A1 | 5 | 5 |
| M3 | B1 | A3 | 10 | >20 |
| 1B: Slapend, bekend en met verzorging | | | | |
| M1* | B2 | A1 - A2 | 10 | 20 |
| M2 | B2 | A1 - A2 | 15 | 25 |
| M3 | B2 | A1 - A3 | >20 | >25 |
| 2A: Slapend en onbekend | | | | |
| M1* | B2 | A1 - A2 | 15 | 15 |
| M2 | B2 | A1 - A2 | 20 | 20 |
| M3 | B2 | A1 - A3 | >20 | >20 |
| Bij B3 1 minuut extra voor wayfinding | | | | |
| 3A en 3B: Wakend en onbekend | | | | |
| M1* | B1 | A1 - A2 | 0,5 | 2 |
| M2 | B1 | A1 - A2 | 1 | 3 |
| M3 | B1 | A1 - A3 | >15 | >15 |
| Bij B2 0,5 minuut extra voor wayfinding | | | | |
| Bij B3 1 minuut extra voor wayfinding | | | | |
| 4: Wakend en bekend | | | | |
| M1* | B1 - B2 | A1 - A2 | 0,5 | 1 |
| M2 | B1 - B2 | A1 - A2 | 1 | 2 |
| M3 | B1 - B2 | A1 - A3 | >15 | >15 |
| Bij B3 0,5 minuut extra voor wayfinding | | | | |

* Bij M1 is doorgaans alarmering met gesproken bericht noodzakelijk

INCIDENTVERSLAGEN

2.1 STADS- EN DORPSBRANDEN

| Stad/dorp | Jaar | Schade (en nieuw beleid na de brand) |
|-------------|------|---|
| Zutphen | 1284 | Zowel de oude als de nieuwe stad van Zutphen brandden grotendeels af [Buisman, 2000]. In 1336 brandde het grootste deel van de Nieuwstad opnieuw af. |
| Zaltbommel | 1319 | Stadsbrand [3]. Zaltbommel werd in 1319, 1368, 1462, 1503 en 1542 getroffen door een stadsbrand [3]. |
| Schoonhoven | 1321 | Bijna volledig verwoest [Buisman, 2000]. In 1375 en 1382 vond opnieuw een grote stadsbrand plaats. |
| Zwolle | 1324 | Bijna heel Zwolle werd in de as gelegd. Slechts vijf van de ongeveer 250 Zwolse gebouwen bleven gespaard [23]. In 1361 is Zwolle opnieuw in de as gelegd door oorlogshandelingen. |
| Alkmaar | 1328 | Veel huizen brandden af met de kerk 'en al wie in is', aldus Willem van Egmond [Buisman, 2000]. |
| Haarlem | 1328 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. Haarlem is in 1328, 1347 (of 1351) en 1576 door brand verwoest. |
| Deventer | 1334 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. Na de tweede grote stadsbrand in 1334, besloot het stadsbestuur dat het afgelopen moest zijn met rieten daken. De burgers kregen voortaan subsidie bij de aanschaf van dakpannen, waarschijnlijk met de voorwaarde dat de muren niet in hout maar in baksteen moesten worden gebouwd. Kort na 1334 verrees langs de Polstraat een hele rij huizen gebouwd met bakstenen zijmuren. Rond 1425 was het bouwen in baksteen zo algemeen geworden dat de subsidie werd stopgezet [24; Benders, 2002]. |
| Tiel | 1334 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. In 925 was Tiel door de Noormannen verbrand en in 1420 werd de stad opnieuw door brand verwoest. |
| Zutphen | 1336 | Het grootste deel van de Nieuwstad van Zutphen brandde af [Buisman, 2000]. De eerste stadsbrand was in 1284. |
| Dordrecht | 1338 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. In 1457 vond opnieuw een stadsbrand plaats. |

Tabel B25 Overzicht van stadsbranden (1340-1431)

| Stad/dorp | Jaar | Schade (en nieuw beleid na de brand) |
|------------------|--------------|--|
| Amersfoort | 1340 | Brandde bijna helemaal af [Buisman, 2000]. |
| Haarlem | 1347 of 1351 | Tweede stadsbrand [25]. Haarlem is in 1328, 1347 (of 1351) en 1576 door brand verwoest. |
| Gouda | 1361 | Eerste grote stadsbrand Gouda. Bijna de gehele stad brandde af. Daarbij gingen de St.-Janskerk, de Lakenhal, de Vleeshal en waarschijnlijk een deel van het Slot verloren. De stad werd weer hoofdzakelijk van hout en met strooien daken opgebouwd [Buisman, 2000]. In 1438 vond de tweede stadsbrand plaats. |
| Zaltbommel | 1368 | Stadsbrand [3]. Zaltbommel werd in 1319, 1368, 1462, 1503 en 1542 getroffen door een stadsbrand [3]. |
| Schoonhoven | 1375 | Op de kerk na werd het stadje helemaal verwoest [Broeshart, 1980]. Ook in 1321 en 1382 vond een grote stadsbrand plaats. |
| Schoonhoven | 1382 | Derde grote stadsbrand. Driekwart van de stad verwoest [Buisman, 2000]. De eerste twee stadsbranden waren in 1321 en 1375. |
| Gorinchem/Gorkum | 1388 | Brandde bijna helemaal af [Buisman, 2000]. Meer dan 1500 huizen werden verwoest [Broeshart, 1980]. |
| Bergen op Zoom | 1397 | De stad is grotendeels in vlammen opgegaan [Buisman, 2000]. Daarna werd de stad in 1622 en 1747 opnieuw verwoest door brand na een belegering. |
| Rhenen | 1400 | Op één huis na geheel in de as gelegd [Buisman, 2000]. |
| Utrecht | 1402 | Grote brand [Buisman, 2000]. In 1431 vond opnieuw een stadsbrand plaats. |
| Arnhem | 1419 | Zware branden op 7 april. Bij deze eerste brand gingen 200 huizen in vlammen op. Bij de tweede op 10 april brandden er 300 af [Buisman, 2000]. |
| Arnhem | 1419 | Zware branden op 10 april. Bij deze tweede brand gingen 300 huizen verloren. Bij de eerste brand op 7 april waren al 200 huizen in vlammen opgegaan [Buisman, 2000]. In 1440 vond in Arnhem nogmaals een stadsbrand plaats. |
| Den Bosch | 1419 | Een enorme brand met name in en rond de Hinthamerstraat. Daarbij gingen de St.-Janskerk, het klooster, de kerk van de Predikheren en de Bagijnenkerk verloren. Op 1 mei laaide het vuur nog eens op en daarmee was men ook het Raadhuis kwijt. Er nog geen derde deel van de stad overgebleven. 3600 huizen zijn verbrand [Buisman, 2000]. In 1463 is Den Bosch opnieuw in vlammen opgegaan. |
| Sittard | 1420 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. |
| Stavoren | 1420 | Geheel verwoest [Buisman, 2000]. |
| Tiel | 1420 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. Slechts de kerk en tien huizen bleven staan [Broeshart, 1980]. In 925 was Tiel door de Noormannen verbrand en in 1334 was de stad al eerder door brand verwoest. |
| Amsterdam | 1421 | Een derde deel aan de westzijde van Amsterdam brandde af [9]. Als vermoedelijke oorzaak werd brandstichting opgegeven [Koppers, 2007]. In Amsterdam vond in 1280 (belegering), 1304 (belegering), 1421, 1452, (twee maal in) 1597 (10 juni en 22 oktober), 1679 en 1858 een stadsbrand plaats. |
| Schiedam | 1428 | Schippersfeestje legde de stad Schiedam in de as [Buisman, 2000]. |
| Oldenzaal | 1429 | Oldenzaal brandde bijna helemaal af [Buisman, 2000]. In 1447 vond opnieuw een grote brand plaats. |
| Enschede | 1431 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. Enschede is in 1431, 1517, 1750, 1862 en 2000 (deels) verwoest door brand. |

Tabel B26 Overzicht van stadsbranden (1431-1534)

| Stad/dorp | Jaar | Schade (en nieuw beleid na de brand) |
|------------------|-------------|---|
| Utrecht | 1431 | In een buitenwijk brak een brand uit die ook naar de binnenstad oversloeg. Het gebied Kleine Zand werd verwoest, met het klooster Jeruzalem dat naast de Waard en het Gerecht van Laurentius (van de bontwerkers) lag [Buisman, 2000]. Ook in 1402 werd Utrecht getroffen door een stadsbrand. |
| Gouda | 1438 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. Vijf huizen bleven behouden [15]. De eerste stadsbrand was in 1361. |
| Hattem | 1438 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. |
| Arnhem | 1440 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. Op 7 en 10 april 1419 vond al tweemaal eerder in Arnhem een stadsbrand plaats. |
| Oldenzaal | 1447 | Vuurzee [Buisman, 2000]. |
| Amsterdam | 1452 | Drie kwart van de stad ging verloren [26]. Als oorzaak werd een 'ongeluk' aangegeven. Op 31 mei vaardigde Keizer Karel V een ordonnantie uit, waarin het bouwen met hout en rieten daken verboden werd. Aan de naleving werd weinig de hand gehouden [Koppers, 2007]. In Amsterdam vond in 1280 (belegering), 1304 (belegering), 1421, 1452, (twee maal in) 1597 (10 juni en 22 oktober), 1679 en 1858 een stadsbrand plaats. |
| Tholen | 1452 | Grote stadsbrand [27]. |
| Dordrecht | 1457 | Grote stadsbrand [28]. De eerste stadsbrand was in 1338. |
| Zaltbommel | 1462 | Stadsbrand [18]. Zaltbommel werd in 1319, 1368, 1462, 1503 en 1542 getroffen door een stadsbrand [3]. |
| Den Bosch | 1463 | Duizenden huizen zijn in vlammen opgegaan [Buisman, 1998]. In 1419 was een deel van Den Bosch al eerder door brand verwoest. |
| Monnickendam | 1499 | Van de 500 huizen gingen er 400 in vlammen op [2]. In 1513 en 1515 vond opnieuw een stadsbrand plaats. |
| Harderwijk | 1503 | Het helse vuur verslond honderden mensen [Buisman, 1998]. De tweede grote brand vond in 1528 plaats. |
| Zaltbommel | 1503 | In 1503 had hertog Karel de stad nieuwe rechten gegeven om de opbouw te bespoedigen en hij stond erop om de daken te bedekken met leien of dakpannen. Door de speling van het lot en onvoorzichtigheid vatte de stad in 1524 desondanks weer vlam. Het duurde vaak een hele tijd voordat een stad weer opgebouwd was na een brand. Het ontbrak de mensen aan geld en bouwmaterialen [3]. Zaltbommel werd in 1319, 1368, 1462, 1503 en 1542 getroffen door een stadsbrand [3]. |
| Monnickendam | 1513 | Op de Grote Kerk en zes huizen na verbrandde de gehele stad. Hierna gold een verbod op het bouwen van woonhuizen met houten gevels en rieten daken [2]. Ook in 1499 en 1515 vond een stadsbrand plaats in Monnickendam. |
| Monnickendam | 1515 | Opnieuw werd het stadje getroffen door een zeer grote brand [Broeshart, 1980]. Eerder vond in 1499 en 1513 al een stadsbrand plaats. |
| Enschede | 1517 | Vrijwel geheel verwoest (houten huizen). Alleen de beide stadspoorten, de kerk en de resten van het oude kasteel waren van steen en bleven overeind. Na de brand werd de stad weer op de traditionele manier opgebouwd, zodat het brandgevaar bleef [6]. Enschede is in 1431, 1517, 1750, 1862 en 2000 (deels) verwoest door brand. |
| Doetinchem | 1527 | Grotendeels verwoest [Buisman, 1998]. |
| Harderwijk | 1528 | Tweede grote brand [Buisman, 1998]. De eerste grote brand was in 1503. |
| Breda | 1534 | Driekwart van de stad ging in vlammen op [Buisman, 1998]. Veel kloostergebouwen brandden af. Hoewel de kerk enkele malen in brand vloog, bleef die samen met de dormter (slaapvertrekken) gespaard [29]. |

Tabel B27 Overzicht van stadsbranden (1536-1655)

| Stad/dorp | Jaar | Schade (en nieuw beleid na de brand) |
|---------------------|-------------|---|
| Delft | 1536 | Brandcatastrofe bij droogte en harde wind [Buisman, 1998]. 90% van de stad werd verwoest: ruim 2600 huizen, kerken en dergelijke [Verburg, 1967]. De tweede brandcatastrofe vond in 1654 als gevolg van een explosie plaats. |
| Nijmegen | 1537 | Grote stadsbrand [30]. In 925 was Nijmegen door de Noormannen verbrand en in 1561 werd Nijmegen opnieuw getroffen door een grote stadsbrand. |
| Zaltbommel | 1542 | Enorme branden in Zaltbommel en Yerseke [Buisman, 1998]. Zaltbommel werd in 1319, 1368, 1462, 1503 en 1542 getroffen door een stadsbrand [3]. |
| Roermond | 1554 | Roermond telde ongeveer 1300 huizen waarvan er omstreeks 950 afbrandden. Bij de brand kwamen 13 mensen om. Na de brand werden leien daken verplicht gesteld [4; 5]. In 1665 werd Roermond opnieuw voor een deel verwoest door brand. |
| Nijmegen | 1561 | Grote stadsbrand [30]. In 925 was Nijmegen door de Noormannen verbrand en in 1537 was Nijmegen al eerder getroffen door een grote stadsbrand. |
| Rotterdam | 1563 | Honderden huizen en schepen zijn in vlammen opgegaan [Buisman, 1998]. 250 huizen en 60 schepen werden verwoest en 700 huizen raakten beschadigd [Broeshart, 1980]. In 1940 gaat Rotterdam opnieuw in vlammen op, dan als gevolg van een bombardement. |
| Haarlem | 1576 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. Haarlem is in 1328, 1347 (of 1351) en 1576 door brand verwoest. |
| Borculo | 1590 | In slechts twee uur tijd werd de gehele stad, met uitzondering van enkele huizen in de Voorstad in de as gelegd [31]. |
| Amsterdam | 1597 | 26 woningen zijn op 10 juni afgebrand [26]. De brand ontstond bij een bakker in de Warmoesstraat [Koppers, 2007]. In Amsterdam vond in 1421, 1452, (twee maal in) 1597 (10 juni en 22 oktober), 1679 en 1858 een stadsbrand plaats. |
| Amsterdam | 1597 | Aan de Nieuwe Zeedijk verbrandden op 22 oktober 33 huizen en pakhuizen [Koppers, 2007]. In Amsterdam vond in 1280 (belegering), 1304 (belegering), 1421, 1452, (twee maal in) 1597 (10 juni en 22 oktober), 1679 en 1858 een stadsbrand plaats. |
| Edam | 1602 | Stadsbrand [Buisman, 2000]. Na blikseminslag verbrandden de grote kerk en 26 huizen [Broeshart, 1980]. |
| Ravenstein | 1606 | Bijna geheel verwoest. Slechts het kasteel en een enkel huis bleven staan [Buisman, 2000]. |
| Lochem | 1615 | Rampzalige brand [Buisman, 2000]. |
| Alphen aan den Rijn | 1618 | Bijna het hele dorp brandde af. De brand begon in een oliemolen [Broeshart, 1980]. In Alphen aan den Rijn vond in 1618 en 1716 een dergelijk vernietigende brand plaats. |
| Bredevoort | 1619 | Tweede stadsbrand. De eerste grote stadsbrand was in 1597 na de inneming door Prins Maurits. De derde stadsbrand vond in 1646 plaats [32]. |
| Bronkhorst | 1633 | Geheel verwoest [33]. |
| Bredevoort | 1646 | De bliksem trof het kruithuis van het kasteel, dat met vele huizen in het stadje tot een ruïne werd [32]. |
| Diemen | 1651 | De hele Oud-Diemberbuurt afgebrand [Koppers, 2007]. |
| De Rijp | 1654 | Tijdens een hevige storm brandden 430 woonhuizen, 150 schuren en de kerk af [Broeshart, 1980]. In 1654, 1657, 1667 en 1674 hebben stadsbranden in De Rijp plaatsgevonden. |
| Delft | 1654 | Rampzalige explosie in de kruittoren [Broeshart, 1980]. De eerste stadsbrand was in 1536. |
| Sloterdijk | 1655 | Dorp Sloterdijk, inclusief de kerk, verbrandde [Koppers, 2007]. In 1859 werd Sloterdijk opnieuw getroffen door een grote brand. |

Tabel B28 Overzicht van stadsbranden (1657-1716)

| Stad/dorp | Jaar | Schade (en nieuw beleid na de brand) |
|---------------------|-------------|---|
| De Rijp | 1657 | Opnieuw brand in De Rijp: dit keer verbrandden er 70-80 huizen [Van Heijnsbergen, 1941]. In 1654, 1657, 1667 en 1674 hebben stadsbranden in De Rijp plaatsgevonden. |
| Heenvliet | 1660 | Zware brand [Broeshart, 1980]. |
| Jisp | 1664 | 73 huizen verbrand in het dorp [Van Heijnsbergen, 1941]. |
| Roermond | 1665 | Tweede stadsbrand. Ondanks de leien daken, verplicht na de vorige stadsbrand, was dit fataal voor het grootste deel van de binnenstad. Binnen vijf jaar zijn ongeveer 700 van de 800 afgebrande huizen opnieuw opgebouwd [5]. In 1554 vond de eerste stadsbrand plaats. |
| De Rijp | 1667 | Het stadje werd weer getroffen door een grote stadsbrand [Broeshart, 1980]. In 1654, 1657, 1667 en 1674 hebben stadsbranden in De Rijp plaatsgevonden. |
| Marken | 1667 | Op Marken verbrandden enkele buurten [Broeshart, 1980]. In 1667, 1706 en 1731 vonden dergelijke grote branden plaats. |
| Tongeren | 1667 | Grote stadsbrand [34]. |
| De Rijp | 1674 | Grote brand verwoestte 73 huizen [Van Heijnsbergen, 1941]. In 1654, 1657, 1667 en 1674 hebben stadsbranden in De Rijp plaatsgevonden. |
| Bovenkarspel | 1675 | Zeer grote brand [Broeshart, 1980]. In 1694 woedde opnieuw een grote brand in Bovenkarspel. |
| Ouddorp | 1677 | De oostelijke helft verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Amsterdam | 1679 | Ongeveer 50 loodsen tussen de Elandsstraat en Elandsgracht zijn verbrand [Koppers, 2007]. In Amsterdam vond in 1280 (belegering), 1304 (belegering), 1421, 1452, (twee maal in) 1597 (10 juni en 22 oktober), 1679 en 1858 een stadsbrand plaats. |
| Heusden | 1680 | Na blikseminslag ontplofte de toren van het kasteel Heusden waarin buskruit opgeslagen lag. Er werden ook enkele aanpalende straten vernield [Broeshart, 1980]. |
| Grootebroek | 1681 | Grote brand in Grootebroek [Broeshart, 1980]. In 1681, 1694 en 1750 vond een grote brand plaats. |
| Maaseik | 1684 | Grote stadsbrand [34]. |
| Durgerdam | 1687 | Bij een grote brand werden 150 huizen vernield [Broeshart, 1980]. |
| Bovenkarspel | 1694 | Grote brand in het Westeinde [Broeshart, 1980]. Al eerder vond in 1675 een zeer grote brand in Bovenkarspel plaats. |
| Grootebroek | 1694 | Grote brand in het Oosteinde [Broeshart, 1980]. In 1681, 1694 en 1750 vond een grote brand plaats. |
| Schermerhorn | 1699 | Tijdens hevige onweer brak brand uit, waarbij 63 huizen werden verwoest [Broeshart, 1980]. |
| Krommenie | 1702 | Na hooibroeie een grote brand, waarbij 38 gebouwen en de kerk vernield werden. Na de brand zijn er handbrandsputten bij Jan van der Heijden gekocht [Broeshart, 1980]. Totale schade was 800.000 gulden [Van Heijnsbergen, 1941]. |
| Enkhuizen | 1703 | Een grote brand in het Westeinde van Enkhuizen sloeg over naar Bovenkarspel en vernielde ongeveer 70 huizen [Broeshart, 1980]. |
| Graft | 1705 | Bij een grote brand werden 43 huizen verwoest [Broeshart, 1980]. |
| Marken | 1706 | Enige buurten afgebrand [Broeshart, 1980]. In 1667, 1706 en 1731 vonden dergelijke grote branden plaats. |
| Alphen aan den Rijn | 1716 | Een grutterij en 25 woonhuizen werden verwoest [Broeshart, 1980]. In Alphen aan den Rijn vond in 1618 en 1716 een dergelijk vernietigende brand plaats. |

Tabel B29 Overzicht van stadsbranden (1717-1858)

| Stad/dorp | Jaar | Schade (en nieuw beleid na de brand) |
|---------------------|------|---|
| Zwartewaal | 1717 | Het hele plaatsje Zwartewaal is afgebrand [Broeshart, 1980]. |
| Lutjebroek | 1718 | Grote brand in het Oosteinde [Broeshart, 1980]. De tweede grote brand vond in 1766 plaats. |
| Varsseveld | 1723 | Tijdens een groot feest in het naburige dorp Binnenheurne raakte het dak van de smidse in Varsseveld in brand. Het vuur sloeg over op de naast gelegen percelen en al gauw stonden de meeste huizen in brand. De daken waren meest bedekt met riet of stro, sommige zelfs met droge heideplaggen. Zelfs de kerk werd aangetast en stond al snel in lichterlaaie. In een tijdsbestek van twee uur werden 54 huizen, zes schuren en enige branderijen (jeneverstokerijen) verwoest [Kobes, 1972]. |
| Hilversum | 1725 | Verschrikkelijke brand in Hilversum [KNBV, 1933]. Een tweede grote brand vond in 1766 plaats. |
| Marken | 1731 | Opnieuw buurten afgebrand [Broeshart, 1980]. In 1667, 1706 en 1731 vonden dergelijke grote branden plaats. |
| Ridderkerk | 1731 | Op maandagmiddag 16 april 1731 brak in het dorp brand uit. Aangewakkerd door een hevigen N.O. wind, breidde het vuur, dat in vlas en rieten daken een gemakkelijk voedsel vond, zich snel uit. In twee uren brandden 33 huizen en schuren, keten en bergen tot de grond toe af, zonder dat de bewoners iets van belang hadden kunnen redden [Van der Zee, 1946]. |
| Amstelveen | 1732 | Zware brand in het dorp Amstelveen [Koppers, 2007]. In Amstelveen vond in 1732 en 1792 een dergelijk vernietigende brand plaats. |
| Piershil | 1738 | Groot aantal huizen verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Vlijmen | 1746 | Grote brand, die oversloeg naar de dorpen Nieuwkuyk en Onsenoort; in totaal raakten 300 huizen verwoest [Broeshart, 1980]. |
| Schokland | 1749 | 34 huizen en een kerk afgebrand [Broeshart, 1980]. |
| Enschede | 1750 | Stadsbrand [Buisman, 2006]. Enschede is in 1431, 1517, 1750, 1862 en 2000 (deels) verwoest door brand. |
| Grootebroek | 1750 | Na de brand in het weeshuis ook 83 woonhuizen verbrand. [Broeshart, 1980]. In 1681, 1694 en 1750 vond een grote brand plaats. |
| Oss | 1751 | Een groot deel van het Osse centrum werd in de as gelegd. Na de stadsbrand van 1751 werd Oss herbouwd [35]. |
| Hilversum | 1766 | Grote brand in Hilversum [KNBV, 1933]. De eerste grote brand was in 1725. |
| Lutjebroek | 1766 | 203 huizen verbrandden [Van Heijnsbergen, 1941]. De eerste grote brand was in 1718. |
| Uithoorn | 1781 | Uithoorn nagenoeg geheel verbrand [Koppers, 2007]. |
| Amstelveen | 1792 | Grote brand in Amstelveen [Koppers, 2007]. In Amstelveen vond in 1732 en 1792 een dergelijk vernietigende brand plaats. |
| Westmaas | 1792 | Het grootste gedeelte van het dorp brandde af [Verburg, 1967]. |
| Broek op Langendijk | 1793 | Het hele dorp verbrand [Catalogus, 1933]. Er zijn 35 huizen verbrand [Van Heijnsbergen, 1941]. |
| Leiden | 1807 | Explosie van een kruitschip in de Rapenburg; ruim 150 doden en grote verwoestingen [Broeshart, 1980]. |
| Holtén | 1829 | Bij een brand, begonnen in een boerenwoning, verbrandden de kerk, de school, 52 huizen en 17 schuren [Broeshart, 1980]. |
| Grafhorst | 1849 | Plaatsje wordt getroffen door een hevige brand [KNBV, 1933]. |
| Gorssel | 1854 | Een grote brand richtte verwoesting aan [KNBV, 1933]. |
| Amsterdam | 1858 | Rond de Nieuwe Leliestraat 27 percelen verbrand. Oorzaak was een ongeluk [Koppers, 2007]. In Amsterdam vond in 1280 (belegering), 1304 (belegering), 1421, 1452, (twee maal in) 1597 (10 juni en 22 oktober), 1679 en 1858 een stadsbrand plaats. |

Tabel B30 Overzicht van stadsbranden (1858-2000)

| Stad/dorp | Jaar | Aanleiding en schade |
|------------------|-------------|---|
| Zaandam | 1858 | Bij de Dam raakten twaalf huizen totaal verbrand en vele beschadigd. Schade bedroeg 200.000 gulden [Van Heijnsbergen, 1941]. In 1870 en 1911 vond opnieuw een grote brand plaats. |
| Sloterdijk | 1859 | Dorp Sloterdijk werd opnieuw getroffen door een grote brand [Koppers, 2007]. |
| Enschede | 1862 | De hele historische binnenstad binnen de grachten werd verwoest. Na de brand werd het bouwen van houten woningen gestaakt [6]. In totaal raakten 633 woningen, 25 stallen en 44 pakhuizen verwoest. Verder nog het raadhuis, waarbij een deel van de burgerlijke stand en het archief verloren ging, twee scholen, het weeshuis, vier kerken, de Grootte Sociëteit en zeven fabrieken. Door de brand werden 600 gezinnen, met in totaal 3.675 zielen, dakloos. Velen raakten alles kwijt wat ze bezaten. Vier verzekeringsmaatschappijen betaalden in totaal 2.320.000 gulden aan de verzekerden uit [7]. Enschede is in 1431, 1517, 1750, 1862 en 2000 (deels) verwoest door brand. |
| Haaften | 1866 | Het hele dorp brandde af tijdens een grote droogteperiode. 400 personen werden dakloos [Verburg, 1967]. |
| Genemuiden | 1868 | Stadje werd getroffen door een rampspoedige brand [KNBV, 1933]. |
| Bodegraven | 1870 | Het stadje werd getroffen door een brandramp [KNBV, 1933]. |
| Zaandam | 1870 | Brand aan de Zuidoost. De brand begon bij een bakker en legde tien huizen in de as [Van Heijnsbergen, 1941]. In 1858, 1870 en 1911 is Zaandam door een grote brand getroffen. |
| Ilpendam | 1878 | Elf huizen verbrand [Van Heijnsbergen, 1941]. |
| Zaandijk | 1878 | Verschrikkelijke brand verwoestte vier bedrijven, tien woningen, een boerderij, een kerk en een school [Van Heijnsbergen, 1941]. |
| Vriezenveen | 1905 | Het dorp werd getroffen door een grote brand. Voor de slachtoffers werden collectes gehouden [KNBV, 1933]. |
| Zaandam | 1911 | Vreselijke brand aan de Dam. Er raakten elf percelen verbrand en er vielen zes doden [Van Heijnsbergen, 1941]. In 1858, 1870 en 1911 is Zaandam door een grote brand getroffen. |
| Mierlo | 1921 | 29 woningen en twee boerderijen brandden af [Broeshart, 1980]. |
| Middelburg | 1929 | Een grote brand verwoestte meerdere panden aan de Lange Delft en omgeving [KNBV, 1933]. |
| Rossum | 1929 | In het plaatsje (bij Zaltbommel) werden 21 woningen vernield door een brand [KNBV, 1933]. |
| Ottoland | 1986 | Door vliegvluur zijn tien boerderijen in het dorp verbrand [Koppers, 2007]. |
| Enschede | 2000 | De hele woonwijk Roombeek werd weggevaagd als gevolg van ontploffingen in het vuurwerkbedrijf S.E. Fireworks en de daarop volgende brand. Er waren 22 doden te betreuren en 947 gewonden, waarvan 250 zwaar gewond, 68 met blijvend zwaar letsel (ledematen) en 33 met zwaar letsel. 2400 huishoudens (4163 personen) raakten dakloos. Er ging een gebied groter dan 42 hectare verloren, waarin 11 straten, 450 huizen, 109 bedrijven, 49 bedrijfsgebouwen en 60 ateliers. Een gebied groter dan 120 hectare raakte beschadigd, waarin ongeveer 20 straten, 1500 beschadigde woningen in de directe omgeving van het rampgebied, 281 bedrijven, 21 bedrijfsgebouwen en 80 ateliers. De totale schade is meer dan 550.000.000 euro, waarvan meer dan 265.000.000 euro schade bij bedrijven, meer dan 137.000.000 euro schade aan woonhuizen en 72.600.000 euro schade aan gemeentelijke eigendommen [8]. Enschede is in 1431, 1517, 1750, 1862 en 2000 (deels) verwoest door brand. |

Tabel B31 Overzicht van stadsbranden door oorlogshandelingen (925-1672)

| Stad/dorp | Jaar | Aanleiding en schade |
|--------------------|-------------|--|
| Nijmegen en Tiel | 925 | De benedenstad van Nijmegen en de stad Tiel werden door de Noormannen verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Winkel en Niedorp | 1180 | Deze beide plaatsen werden door graaf Floris III verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Muiden | 1197 | De plaats Muiden werd door de Kennemers verbrand [Broeshart, 1980]. Muiden is in 1197, 1204, 1356, 1508 in brand gestoken. |
| Muiden | 1204 | Muiden en het Muiderslot werden in brand gestoken door Wouter van Egmond [Broeshart, 1980]. Muiden is in 1197, 1204, 1356, 1508 in brand gestoken. |
| Amsterdam | 1280 | Tijdens de oorlog tussen Floris II van Holland en Gijsbrecht IV van Aemstel werd Amsterdam geheel verwoest [Koppers, 2007]. |
| Amsterdam | 1304 | De stad werd ingenomen door de Haarlemmers, Kennemers en Waterlanders en gebrandschat [Koppers, 2007]. |
| Muiden | 1356 | Het stadje werd door Jan van Arkel in brand gestoken [Broeshart, 1980]. Muiden is in 1197, 1204, 1356, 1508 in brand gestoken. |
| Zwolle | 1361 | De stad Zwolle ging in 1361 door oorlogshandelingen voor een deel in vlammen op [Buisman, 2000]. De eerste stadsbrand was in 1342. |
| Nieuwpoort | 1402 | Het stadje werd door Jan van Arkel veroverd en verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Goedereede | 1418 | De plaats werd door Jan van Brabant geplunderd en verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Geertruidenberg | 1420 | Volledig verwoest [Buisman, 2000]. Na een beleg door Jan van Beieren verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Muiden | 1508 | Het stadje werd door Karel van Arkel in brand gestoken [Broeshart, 1980]. Muiden is in 1197, 1204, 1356, 1508 in brand gestoken. |
| Beverwijk | 1572 | Tijdens het beleg van Haarlem werd het dorp verbrand door de Spanjaarden [Broeshart, 1980]. |
| Naarden | 1572 | Alle burgers werden vermoord en de stad verbrand door de Spanjaarden [Broeshart, 1980]. In 1615 werd Naarden opnieuw door de Spanjaarden door brand verwoest. |
| Sloterdijk | 1572 | Tijdens de opmars van Lumey werd het hele dorp verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Broek in Waterland | 1573 | Het hele dorp door de Spanjaarden verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Ransdorp | 1573 | Het hele dorp door de Spanjaarden verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Westzaan | 1573 | Het hele dorp door de Spanjaarden verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Woudrichem | 1573 | Het hele dorp door de Gorinchemmers verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Vlaardingen | 1574 | Het hele stadje werd door huursoldaten geplunderd en verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Oudewater | 1575 | Stadje door Gilles van Baleymont ingenomen, uitgemoord en afgebrand [KNBV, 1933]. |
| Nuys | 1586 | Hele dorp door Adolf Graaf van Nieuwenaaer ingenomen en verbrand [KNBV, 1933]. |
| Bredevoort | 1597 | Grote stadsbrand na de inneming door Prins Maurits [32]. |
| Naarden | 1615 | Rampzalige brand [Buisman, 2000]. De stad was door de Spanjaarden verbrand [Broeshart, 1980]. In 1572 was Naarden al eerder door de Spanjaarden door brand verwoest. |
| Bergen op Zoom | 1622 | Het stadje werd veroverd en verbrand [Catalogus, 1933]. |
| West-Terschelling | 1666 | Het hele dorp werd door de Engelsen in brand gestoken [Broeshart, 1980]. |
| Ameide | 1672 | Hele dorp door Fransen in brand gestoken; alleen de kerk bleef gespaard [Broeshart, 1980]. |

**Tabel B32 Overzicht van grote stadsbranden door oorlogshandelingen
(1672-1945)**

| Stad/dorp | Jaar | Aanleiding en schade |
|------------------|-------------|--|
| Asperen | 1672 | Het dorp werd door Fransen veroverd, het kasteel opgeblazen en een derde van de huizen verbrand [Broeshart, 1980]. |
| Zwammerdam | 1672 | Hele stadje door Fransen in brand gestoken; slechts twee huizen bleven staan [Broeshart, 1980]. |
| Bergen op Zoom | 1747 | Na een belegering werd het stadje verbrand [KNBV, 1933]. |
| Venlo | 1793 | Stadje gebombardeerd, grote schade [KNBV, 1933]. |
| Rotterdam | 1940 | Brand door bombardement. 800 doden, meer dan 80.000 mensen dakloos en 24.000 woningen verwoest [36]. In 1563 was Rotterdam verwoest door een grote stadsbrand. |
| Den Haag | 1945 | Brand door bombardement. 511 doden, 344 zwaar gewonden, 1839 percelen verwoest, tienduizenden mensen dakloos [37]. |

**Tabel B33 Overzicht van grote stadsbranden door oorlogshandelingen
(1686-1928)**

| Stad/dorp | Jaar | Aanleiding en schade |
|---------------------------------|-------------|--|
| Sappemeer, Wildervank en Pekela | 1686 | Er woedde een hevige veenbrand in Sappemeer, Wildervank en Pekela [38]. |
| Zevenhuizen en omgeving | 1833 | De brand ontstond 's middags om twee uur bij het losbarsten van een hevige donder met rukwinden. Het veen was kurkdroog en smeulde op tal van plaatsen doordat in de maanden daarvoor, na het gebruikelijke afbranden van de grond voor het verbouwen van boekweit, een langdurige droogte heerste en het vuur niet, zoals andere, was gedoofd door hemelwater. 24 uur na het uitbreken van de brand ging de wind liggen en begon het fiks te regenen. Het gebied binnen de vierhoek de Wilp-Marum-Tolbert-Zevenhuizen was toen al zwart geblakerd [12]. Vier personen kwamen om [13]. De brand verwoestte in Zevenhuizen 66 woningen en maakte 280 mensen dakloos. Volgens een krappe berekening van het gemeentebestuur bedroeg de schade 175.000 gulden. De hoeveelheid turf dat verloren was gegaan, werd geraamd op twee miljoen ton. Na de brand kwam de liefdadigheid van het Nederlandse volk tot uiting in de opbrengst van een collecte, totaal 58.000 gulden. Voor een bedrag van gemiddeld 200 gulden per woning werd Zevenhuizen binnen een jaar herbouwd, dankzij de spontane hulp van het Nederlandse volk dat tevens zorgde voor huisraad, beddengoed, kleding en andere benodigdheden [12]. |
| Stadskanaal en omgeving | 1833 | Destijds werden voor de verbouw van boekweit stukken heide afgebrand. Het brandde nog toen er een storm opstak [39]. Bij het Stadskanaal [38; 39] woedde het vuur op dertig verschillende plaatsen tot en met de venen van Onstwedde. Veel turf ging verloren evenals het klaphuis bij Gieten, talloze woningen, veenhutten en twee schepen in het Stadskanaal [38]. |
| Emmen en omgeving | 1917 | Veenbrand. De brand eiste aan 16 mensen het leven. Voor het blussen van de achtergebleven vuurhaarden werden autospuiten uit het westen (Den Haag) ingezet, maar ook deze konden weinig uitrichten. De slangen verbrandden. Deze brand heeft landelijke bekendheid gekregen, mede door het bezoek van koningin Wilhelmina en prins Hendrik die op 25 mei 1917 Valthermond bezochten [40]. |
| Emmen en Klazienaveen | 1928 | Rampzalige veenbrand te Emmer-Erfscheidenveen en Klazienaveen-Noord, waarbij bijna complete dorpen zijn afgebrand [41]. |

2.2 FATALE BRANDEN IN NEDERLAND

Brand in bejaardentehuis Kraaijbeek, 1970, Driebergen

In het bejaardentehuis Kraaijbeek brak brand uit in de ziekenkamer, vermoedelijk tussen 23.00 en 23.30 uur. De brandweer werd om 23.39 uur gealarmeerd. Er was sprake van een snelle branduitbreiding na het ontdekken van de brand. Toen de brandweer om ongeveer 23.42 uur ter plaatse was, had de brand zich al naar het hoofdtrappenhuis uitgebreid. De brandtrap was gesitueerd tussen de ziekenkamer en het hoofdtrappenhuis. Deze brandtrap was op een onjuiste plaats aangebracht, waardoor deze door de brand niet meer bereikbaar was. In het gebouw hing een dichte rook.

In het gebouw was geen brandmeldinstallatie aanwezig [Onbekend, 1970; Oomes, 1970]. De vloeren en de plafonds waren van hout, sommige plafonds bestonden uit riet/gips. Op vele plaatsen, onder meer in het hoofdtrappenhuis, waren de wanden voorzien van houten lambriseringen. De hoofdtrap stond in open verbinding met de gangen. Vier maanden voor de brand was een ontruimingsoefening uitgevoerd met de bejaarden die goed ter been waren.

Op het moment van de brand waren 26 bewoners aanwezig, waarvan er twee zich in de ziekenkamer bevonden. Een verpleger kon via de huistelefoon worden gealarmeerd. Daarna zijn ook de eigenaar en de onderhoudsmonteur gealarmeerd. Voordat de brandweer arriveerde, zijn door de eigenaar en de onderhoudsmonteur vier bewoners van de tweede verdieping en één bewoner van de eerste verdieping via de hoofdtrap gered. Door de brandweer, politie, de onderhoudsmonteur en anderen zijn acht bewoners van de eerste verdieping gered met behulp van ladders via balkons en ramen. Eén bewoner heeft zich van de eerste verdieping naar beneden laten vallen. Drie bewoners op de begane grond zijn door de eigenaar, de verpleegster en de politie via ramen geëvacueerd. Twee bewoners op de begane grond zijn zelfstandig naar buiten gegaan. Uiteindelijk hebben zeven bewoners de brand niet overleefd [Onbekend, 1970; Oomes, 1970].

Brand in paviljoen Salem in psychiatrische inrichting Groot Brunswijck, 1970, Wagenborgen (Delfzijl)

Tussen 21.35 en 21.40 uur brak brand uit in het vrouwenpaviljoen Salem van de psychiatrische inrichting Groot Brunswijck. Vermoedelijk is de brand ontstaan door brandstichting en is deze door een verpleger ontdekt. Direct daarna heeft de verpleger het ontruimingsalarm in het hoofdgebouw geactiveerd en de brandweer gealarmeerd. Er was sprake van branduitbreiding via een loze ruimte boven de verlaagde plafonds.

Het paviljoen bestond uit drie bouwlagen die onderling verbonden waren met één open trappenhuis [Kaspers e.a., 1986; Sytsema, 1970]. Er was geen noodverlichting en geen automatische brandmeldinstallatie aanwezig. Alle buitendeuren waren afgesloten en konden alleen door verplegers en aantal patiënten met een sleutel geopend worden.

Op het moment van de brand waren in het pand 119 patiënten aanwezig, waarvan vele bedlegerig, en tien personeelsleden. De bedrijfsbrandweer van de inrichting en de plaatselijke brandweer hebben in eerste instantie geprobeerd het pand binnen te dringen voor redding. Er was echter sprake van hevige rookontwikkeling en adembeschermende middelen waren niet beschikbaar. Hierdoor moest met de redding van de patiënten op de verdiepingen worden gewacht op de komst van het brandweerkorps van Delfzijl. Na aankomst van het brandweerkorps Delfzijl zijn meerdere ademluchtdragers het gebouw binnengegaan om patiënten te redden. 32 Slachtoffers zijn met behulp van een autoladder en met behulp van schuifladders uit het pand gehaald. Het grootste deel van deze slachtoffers was door rookvergiftiging bewusteloos geraakt en enkelen hadden brandwonden. In totaal konden 109 patiënten worden gered. Er was echter onvoldoende perslucht voorradig om meer mensen te redden. In totaal hebben vijftien personen de brand niet overleefd en zijn zeventien personen met ernstige en lichte verwondingen naar het ziekenhuis overgebracht [Kaspers e.a., 1986; Sytsema, 1970].

Brand in pension voor gastarbeiders, 1970, Amsterdam

Om 00.12 uur werd brand gemeld bij de brandweer [Koppers, 1988; Brandweer Amsterdam, 1970]. De brand zou door brandstichting zijn ontstaan in een bar op de eerste verdieping van een pand, waarin tevens een meubelwinkel en een pension gevestigd waren. De brand breidde zich snel uit naar het pension, waarin voornamelijk buitenlandse gastarbeiders slapend aanwezig waren. Bij aankomst van de brandweer waren enkele pensionbewoners al uit de ramen gesprongen [Koppers, 1988; Brandweer Amsterdam, 1970]. Er was sprake van een uitslaande brand en hevige rookontwikkeling. Een groot aantal mensen hing uit ramen en aan een aan het perceel bevestigde vlaggenmast [Brandweer Amsterdam, 1970].

Via autoladders en springzeilen zijn zes respectievelijk twaalf bewoners door de brandweer gered [Brandweer Amsterdam, 1970; Koppers, 1988]. Bij het opvangen van vluchtende personen met behulp van het springzeil waren ongeveer 20 mensen nodig en daarbij werd hulp van het publiek ingeschakeld. Tijdens de reddingen werd een lichte explosie waargenomen [Brandweer Amsterdam, 1970].

Direct daarna werd ook begonnen met de blussing, zonder het reddingswerk te belemmeren [Brandweer Amsterdam, 1970]. Een persoon van de brandweer, die belast was met de bluswerkzaamheden, zag op de derde verdieping een bewegingloos lichaam over een voor het raam staand bed liggen. Hij probeerde deze persoon naar buiten te trekken om hem in veiligheid te brengen. Hij stuitte echter op een zodanige weerstand dat dit hem niet lukte. In de gegeven omstandigheden was het betreden van de ruimte voor de redding van de aanwezige persoon wegens de brand niet mogelijk. Half hangend uit het raam overleed de man voor de ogen van de brandweer en het publiek op straat. Later werd duidelijk dat het slachtoffer binnenshuis werd vastgehouden door een andere persoon, die uiteindelijk ook de brand niet heeft overleefd [Brandweer Amsterdam, 1970].

Acht bewoners hebben de brand niet overleefd. Nadat de brand was geblust, zijn de stoffelijke resten door de brandweer geborgen [Brandweer Amsterdam, 1970; Koppers, 1988]. Tijdens een controle in mei 1970, zeven maanden voor de brand, is geconstateerd dat het pand niet voldeed aan de voorwaarden zoals die in april 1969 waren gesteld in het brandpreventieve advies van de brandweer aan de burgemeester van Amsterdam. Zo ontbrak een brandwerende pui tussen de logeerkamers en het trappenhuis. Verder was geen noodverlichting aangebracht en waren geen brandslanghaspels aanwezig [Brandweer Amsterdam, 1970].

Brand in hotel 't Silveren Seepaerd, 1971, Eindhoven

Om 05.30 uur 's ochtends is een brand ontdekt in het restaurant van het hotel. In het gebouw was veel kunststof materiaal aanwezig, waardoor sprake was van hevige rookontwikkeling. Als gevolg van een flashover breidde de brand zich na het ontdekken snel uit via het trappenhuis. Ook was sprake van een snelle verspreiding van rook en hitte via de gangen en het trappenhuis waardoor de normale uitgang niet meer toegankelijk was.

In het hotel waren 86 gasten aanwezig [Onbekend, 1972]. Het pand had één hoofdtrap, die in open verbinding stond met de gangen. Verder waren een lift en een noodtrap aanwezig. De vluchtroute was echter onvoldoende aangegeleid. Het pand was niet voorzien van een automatisch brandmeldsysteem.

Op het moment van de brand bevonden zeven personen zich in de lift. Toen de liftdeur open ging, werden deze gasten geconfronteerd met een vuurfront. Direct sloten zij de liftdeur en stuurden zij de lift naar de hoogste verdieping van het pand. Vervolgens zijn deze zeven personen via de buitentrap gevlucht. Slechts weinig andere gasten zijn via de noodtrap gevlucht. Een aantal personen is met behulp van geknoopte lakens via de ramen gevlucht. Anderen zijn uit het raam gesprongen. Een aantal personen dat via het balkon naar beneden

wilde springen is verrast door een vuurzee die uit de gesprongen ramen op de benedenverdieping naar buiten kwam. Elf personen zijn door de brandweer gered.

Uiteindelijk hebben elf personen de brand niet overleefd. Twee personen zijn door de sprong uit het raam om het leven gekomen en negen personen zijn later door de brandweer in de slaapkamers aangetroffen. Verder zijn vele gasten gewond geraakt [Onbekend, 1972].

Brand in inrichting voor verstandelijk gehandicapten Mariëncamp, 1971, Rolde (Aa en Hunze)

Om omstreeks 22.15 uur is brand uitgebroken in de woonkamer van paviljoen 5. Om omstreeks 22.30 uur is de brand door een verpleger ontdekt. Op dat moment was al sprake van een hevige brand en een hevige rookontwikkeling. De brand breidde zich snel uit via de ruimte tussen het zachtboardplafond en de dakbedekking. Direct na het ontdekken van de brand is de brandweer gealarmeerd en is gestart met de ontvluchting. De verplegers hebben de patiënten een voor een van buitenaf via de gangdeuren en ingeslagen ramen geprobeerd te redden. Op het moment van de brand waren 47 patiënten en twee personeelsleden in het pand aanwezig, te weten zeventien patiënten in paviljoen 4, twaalf patiënten in paviljoen 5 en achttien patiënten in paviljoen 6.

De brand heeft gewoed in het in prefab systeembouw opgetrokken noodgebouw van de inrichting [IBW, 1971]. De wanden van het noodgebouw bestonden uit een houten raamwerk, dat aan de buitenzijde was bekleed met asbestcementplaten, aan de binnenzijde met gipsplaten en was opgevuld met polystyreenschuim. In het noodgebouw bevonden zich de paviljoens 4, 5 en 6. Paviljoen 4 en 5 bestonden uit één bouwlaag, paviljoen 6 uit twee bouwlagen. De patiënten bevonden zich op de begane grond. Op de verdieping bevonden zich de slaapvertrekken voor het verplegend personeel. De deuren in de gangen en naar het trappenhuis waren niet brandwerend en niet zelfsluitend uitgevoerd. De nooddeuren waren afgesloten en met behulp van een loper te openen. De loper was in bezit van het verplegend personeel en de plaatselijke brandweer. In het gebouw was geen noodverlichting en geen automatisch brandmeldsysteem aanwezig. Het personeel heeft bij indiensttreding een theoretische opleiding 'bedrijfshulpverlening' gevolgd. Er zijn geen praktijkoefeningen of herhalingscursussen geweest. Zeven mannelijke personeelsleden waren vier maanden voor de brand gestart met een opleiding Brandwacht 2^e klasse.

In paviljoen 5 zijn acht patiënten omgekomen en in paviljoen 6 zijn vijf patiënten omgekomen [IBW, 1971].

Brand in Hotel Polen en boekhandel De Slegte, 1977, Amsterdam

In de vroege ochtend werd een brand ontdekt in Hotel Polen [Koppers, 1988; Koppers, 1999]. In het pand waren op het moment van de brand 109 gasten aanwezig. Verder was een nachtportier aanwezig. Om 06.00 uur kwam de ontbijtploeg het hotel binnen en begon met het klaarmaken van het ontbijt. Rond 06.20 uur meldde de ontbijtploeg een brandlucht bij de nachtportier. Toen hij op onderzoek uitging, zag hij rook uit de goederenlift komen. De nachtportier tapte een paar emmers water en gooide die in de liftschacht. Daarna ging hij terug naar de balie om de brandweer te bellen, maar op de terugweg werd zijn weg geblokkeerd door rook en vuur. De brand breidde zich snel uit naar de gang, nabij de hoofdtrap. De gangen stonden vol rook, waardoor de normale uitgang niet toegankelijk was. De nachtportier rende daarom naar buiten en vroeg omstanders, te weten een taxichauffeur en een trambestuurder, om de brandweer te bellen. Daarna ging hij terug, het hotel in, om de gasten te waarschuwen. Niemand van de omstanders reageerde echter op zijn verzoek. Er was niets van brand te bespeuren. De brandweer werd niet gebeld.

Om omstreeks 06.30 uur klommen de eerste gasten uit het raam. Twee personen sprongen en overleven de sprong niet. Pas om 06.39 uur kwam een melding binnen bij de brandweer. Na aankomst probeerde de brandweer samen met omstanders mensen te redden met een springzeil. Sommige gasten gooiden eerst hun bagage naar beneden en sprongen pas daarna. Tien mensen werden gered met behulp van het springzeil. Drie hotelgasten sprongen echter naast het springzeil en overleden als gevolg van de val. 48 Hotelgasten hebben zichzelf in veiligheid kunnen brengen en 28 andere gasten werden met ladders door de brandweer gered. Om 07.00 uur stortte een deel van het gebouw in. Toen om 08.37 uur het pand volledig instortte, was redding niet meer mogelijk.

De brand bleek te zijn ontstaan in de meubeltoonzaal en heeft zich daarna via de goederenlift verspreid naar het hotel. Eerder op de ochtend, om 04.30 uur, was bij de politie een melding binnengekomen over inbraak in de meubeltoonzaal bij boekhandel De Slegte. Bij de controle werd echter niets opmerkelijks aangetroffen. De meubeltoonzaal bevonden zich op de begane grond, onder het hotel. In de meubeltoonzaal waren meubels opgeslagen, waardoor sprake was van een hoge vuurlast. Tussen het hotel en de toonzaal was geen brandwerende scheiding aangebracht. Het pand had een houten draagconstructie. Verder waren in het pand één hoofdtrap en een noodtrap aanwezig. Deze noodtrap liep niet door tot de grond, maar eindigde tot vier meter boven het straatniveau. De gangen in het hotel waren doodlopend. Verder was noodverlichting aangebracht, zij het beperkt. Het pand was niet voorzien van een automatisch brandmeldsysteem.

Uiteindelijk hebben 33 personen de brand niet overleefd. 18 personen werden uit de puinhopen geborgen. Vijf personen hebben de sprong uit het raam niet overleefd. De tien andere gasten zijn vermoedelijk als gevolg van rookvergiftiging overleden. In totaal raakten 57 mensen gewond, waarvan er 21 zwaargewond naar het ziekenhuis zijn afgevoerd [Koppers, 1988; Koppers, 1999].

Brand in bejaardenpension Riadko, 1979, Breda

Om 00.40 uur kwam bij de brandweer een melding binnen van brand in het bejaardenpension Riadko. Het pension bestond uit drie herenhuizen die met elkaar waren verbonden [IBW, 1979]. In het pand op nummer 84 waren negen personen aanwezig, te weten het beheerderechtpaar en hun twee kinderen op de begane grond, op de eerste verdieping twee bewoners en op de derde verdieping drie bewoners. In het pand op nummer 82 bevonden zich ook negen personen, te weten twee bewoners op de begane grond, drie bewoners en een verpleegster op de eerste verdieping en drie bewoners op de tweede verdieping. In het pand op nummer 80 waren vijf pensiongasten aanwezig.

Toen de hulpverleningsdiensten aankwamen, was de verpleegster inmiddels met behulp van aan elkaar geknoopte lakens via het raam gevlucht. Daarna is een bewoonster op de eerste verdieping van pand 82 door een politieagent en de verpleegster met behulp van een ladder gered. Na aankomst van de brandweer is een bewoner op de eerste verdieping van pand 84 door de brandweer via de trap gered. Deze bewoner had rookvergiftiging opgelopen en is vervolgens zwaargewond naar het ziekenhuis overgebracht. De overige bewoners die de brand hebben overleefd waren zelfstandig gevlucht.

Zeven bewoners hebben de brand niet overleefd. De drie bewoners op de tweede verdieping in pand 84 zijn in bed gestikt en door de brandweer geborgen. Een bewoonster op de eerste verdieping van pand 82 is de volgende ochtend onder het puin vandaan gehaald. Zij bevond zich in de gang, vlak voor de kamer en de trap. Twee bewoners op de tweede verdieping van pand 82 zijn uit het raam gesprongen. Een van deze twee personen werd vlak voor de sprong door een fel uitslaande vuurzee verrast en overleed direct. De andere persoon is later in het ziekenhuis overleden. De derde bewoner op de tweede verdieping van pand 82 is door de brandweer geborgen [IBW, 1979].

Brand in paviljoen Grashoek van de inrichting Dennendal voor verstandelijk gehandicapte kinderen, 1982, Den Dolder (Zeist)

De brand is om 00.41 uur ontdekt nadat een kind via de intercom brand had gemeld. De melding was niet helemaal duidelijk en bij de controle door een personeelslid had de brand zich al sterk ontwikkeld. De brand was al zeer heet en er was sprake van hevige rookontwikkeling in de gang. Hierdoor was het brandcompartiment waarin de brand woedde ontoegankelijk geraakt. Direct

na het ontdekken van de brand zijn de veertien kinderen in de twee aangrenzende brandcompartimenten door de personeelsleden gered. Pas daarna, zes minuten na het ontdekken van de brand, was de brandweer met een hand-brandmelder gealarmeerd.

Het gebouw bestond uit aan elkaar geplaatste stalen containers en was opgedeeld in drie brandcompartimenten [Dogger, 1982]. Alle buitendeuren en ramen, de brandwerende deuren in de gangen en een aantal kamerdeuren waren op slot. In het pand waren twintig kinderen en een slaapwacht aanwezig. Op het terrein waren verder nog vijf andere personeelsleden aanwezig.

De brandwerende scheiding heeft goed gefunctioneerd. Verder was er sprake van een lage vuurlast en waren brandvertragende materialen toegepast. Toch was sprake van een hete brand, vermoedelijk vanwege warmteaccumulatie in de stalen containers. In het brandende deel van het gebouw bevonden zich zes kinderen, die allen de brand niet hebben overleefd [Dogger, 1982].

Brand in nachtclubs Casa Rosso, Caballa en Club 26, 1983, Amsterdam

Om 22.54 uur kwam de eerste brandmelding bij de brandweer binnen via de brandmelder van Club 26. De eerste officier van de brandweer kwam zes minuten na de melding ter plaatse en constateerde dat de toestand zeer onoverzichtelijk was. Hij zag veel rook en veel paniek. Er woedde een felle brand op de tweede verdieping van de percelen Achterburgwal 94/96 en Voorburgwal 107-111 in het midden van het souterrain en de gelijkstraatse verdieping. Op straat lag een groot aantal gewonden.

Door de hevige rookontwikkeling werd het zoeken naar slachtoffers ernstig belemmerd, terwijl er bovendien veel tijd gemoeid was met het verlenen van eerste hulp aan de slachtoffers op straat. Doordat er veel auto's in de smalle straten geparkeerd stonden en veel mensen op straat stonden te kijken naar de brand, konden de hulpverleningsdiensten de plaats des onheils nauwelijks bereiken. Hierdoor moesten sommige slachtoffers lange tijd wachten op de ambulancehulpverlening. Ondertussen breidde het vuur zich snel uit in het oude gedeelte van het complex.

Er werd een binnenaanval door de brandweer opgezet, die bij Club 26 goed slaagde, maar in de veel oudere club Caballa moest worden opgegeven vanwege instortingsgevaar. Vervolgens werd de brand van buitenaf bestreden. Toen het complex weer betreedbaar was, kon het zoeken worden voortgezet naar de op dat moment nog ongeveer twintig vermiste personen.

De drie panden stonden met elkaar in verbinding via deuren en trappen [Koppers, 1984; 1999]. In de panden waren op de bewuste avond van de brand onge-

veer 200 mensen binnen. De brand ontstond in de hal van de receptie, doordat een ex-werknemer benzine over de vloer van de receptie, de hal, op twee trappen en in enkele gangen sprenkelde. Daarna schoot hij met een vuurwapen op de jerrycan, waarna de benzine vlam vatte.

Twee personen waren al in de beginfase van de brand overleden en afgevoerd. Later in de nacht werden in een afgesloten ruimte van club Caballa de lichamen gevonden van elf personen, die allen door verstikking om het leven waren gekomen. Ongeveer 24 personen raakten min of meer ernstig gewond. Onder hen bevonden zich vier personen die de brandweer nog uit de zijde van de Voorburgwal had kunnen redden [Koppers, 1984; Koppers, 1999].

Brand in pension Vogel, 1992, 's-Gravenhage

Pension Vogel was een opvanghuis voor daklozen en sociaal zwakkeren [42; BZK, 1995b]. Op het moment van de brand waren 35 gasten aanwezig.

Om 04.39 uur werd de brand aan de brandweer gemeld. De brand was veroorzaakt door brandstichting, maar het is niet bekend geworden wanneer de brand is ontstaan. Wel was duidelijk dat de brand pas laat is ontdekt. De brand verspreidde zich snel doordat de deuren van de kamers open stonden. Hierdoor raakte ook de vluchtroute geblokkeerd.

Het pension voldeed niet aan de brandveiligheidsvoorschriften. In het pand waren geen brandveilige vluchtroutes aanwezig. Er was één hoofdtrap, die in open verbinding stond met de gangen op de verdiepingen. De gangen hadden een doodlopend einde. Het pand was niet voorzien van een brandmeldsysteem en een ontruimingsalarminstallatie. Ook was geen noodverlichting aanwezig. Verder was onvoldoende personeel aanwezig om de gasten bij de ontvluchting te helpen. Bovendien was het personeel niet geoefend in het uitvoeren van een ontruiming.

Uiteindelijk hebben elf gasten de brand niet overleefd en raakten elf personen gewond.

Brand in café 't Hemeltje, 2001, Volendam

Kort na 24.00 uur op 1 januari 2001 zitten de drie horecagelegenheden de Blokhut, de WirWar en 't Hemeltje stampvol [42].¹²⁶ Op de enige trap naar 't Hemeltje was er bijna geen doorkomen aan. In 't Hemeltje zijn dan 300 jongeren, ruim drie keer meer dan waarvoor een vergunning is en waarop de nooduitgangen berekend zijn. Vele bezoekers zijn jonger dan 16 jaar, en mogen er eigenlijk

126. Tekst overgenomen van www.zero-meridean.nl.

helemaal niet in. Voor de barmannen is het ondoenlijk op leeftijd te controleren. Zo staan en zitten er ook jongens en meisjes van 13, 14 jaar in 't Hemeltje. Het plafond is volgehangen met dennentakken, die met nylon netten aan het plafond zijn bevestigd. Jongens in de buurt van de spiltrap delen sterretjes uit en steken ze aan. Een barman dempt het licht om de sfeer te verhogen. Niemand ziet een onschuldig sterretje als vuurwerk. Na de ramp trof men 78 opgebrande sterretjes aan in het café.

Om 00.30 uur steekt één van de jongens een heel pakje met sterretjes aan. Daar schiet een steekvlam uit en de jongen steekt het pak uit schrik omhoog, tegen de kerstversiering aan. De kerstversiering vliegt direct in brand. Een barman gooit een bak met ijs en water in de brand, die vervolgens even tempert. Dan krijgt het vuur nieuwe zuurstof vanuit de ventilatieroosters in het plafond. In minder dan een minuut ontstaat er in de droge dennentakken een vuurbal die door het café schiet. De temperatuur loopt in de ruimte direct op tot 400°C, op sommige plaatsen tot 900°C.

De nylon netten waar de takken in hangen, branden door. Brandende takken vallen op de aanwezigen. Iedereen probeert weg te komen, maar de uitgangen zijn verstopt met mensen. Sommige nooduitgangen gaan niet open. Alle zuurstof in de ruimte wordt door de brand opgenomen, maar er is geen nieuwe aanvoer van zuurstof meer: Vrijwel direct na het ontstaan dooft de brand ook weer uit. Er ontstaat grote paniek. De hitte, het gebrek aan zuurstof en de vele mensen die over elkaar vallen, maken vluchten bijna onmogelijk. Een nooduitgang komt uit op het platte dak aan de achterzijde. Vandaar af springen mensen naar beneden en raken daarbij gewond.

Buiten heeft men niet direct door wat er in 't Hemeltje aan de hand is, maar al heel snel klimt iemand op de luifel van de WirWar bar en begint de ramen van 't Hemeltje in te slaan. Erachter zitten tralies en daarachter verdringen zich mensen om uit 't Hemeltje te komen. De zuurstof die door de ramen naar binnen komt, geeft lucht en koelte aan de slachtoffers die in de hete ruimte dreigden te stikken. Omdat de brand dan al helemaal gedoofd is veroorzaakt de nieuwe zuurstoftoevoer geen branduitbreiding. De persoon slaat de ramen precies op het goede moment in.

Vrijwel iedereen droeg feestkleding die uit kunstvezels bestond. Door de hitte van de brand zijn de kunstvezels gesmolten of hebben vlamgevat. De bezoekers hebben hete gassen ingeademd en er zijn mensen gevallen en anderen zijn over hen heen kruipend naar buiten gevlucht. In de paar minuten dat de brand woedde, zijn meer dan 200 mensen gewond, tien van hen zo ernstig dat ze later aan hun letsel overlijden. Vier jongeren overlijden direct.

Brand cellencomplex Schiphol, 2005, Haarlemmermeer

Iets voor middernacht brak brand uit in een vleugel van het tijdelijke Detentie- en Uitzetcentrum Schiphol-Oost [Onderzoeksraad, 2006]. De vleugel bestond uit containerachtige prefab elementen en bevatte 26 tweepersoons cellen. Er waren op het moment van het uitbreken van de brand 298 personen ingesloten in het gehele cellencomplex. Om 23.55 uur ging het automatisch brandmeldsysteem af en werden de bewakers van het complex gealarmeerd. De bewakers slaagden erin de bewoner uit cel 11 van de K-vleugel, de cel waarin de brand is ontstaan, te halen.

De rook uit de cel verspreidde zich zeer snel door de hele K-vleugel, waardoor de redding van de andere ingesloten en nauwelijks meer mogelijk was. De deur van cel 11 bleef openstaan, waardoor de brand zich binnen korte tijd naar de gang en de overige cellen uitbreidde. Aangezien brandmeldingen met vertraging werden doorgegeven aan de alarmcentrale van de Luchthaven, en er bij de brandweer onduidelijkheid was over de plaats en werking van de beschikbare, beveiligde ingang van het cellencomplex, kon pas rond 00.20 uur een start worden gemaakt met de redding en blussing. De brand was op dat moment al uitslaand en de hitte was zodanig dat de K-vleugel niet meer betreden kon worden.

In 2002 was, vlak voor de ingebruikname, bij een soortgelijke brand ook al een vleugel volledig afgebrand [Helsloot & Kobes, 2002]. Na de brand in 2002 zijn door de gemeente aanpassingen op het gebied van brandveiligheid geëist.

Een maand voor de brand was het complex nog gecontroleerd op de noodzakelijke aanpassingen met betrekking tot de brandveiligheid en in orde bevonden [Onderzoeksraad, 2006]. In de tussentijd werd, hoewel het pand nog niet voldeed aan de voorschriften, het cellencomplex al wel in gebruik genomen. Na de ingebruikname van het complex brak er nog tweemaal brand uit doordat celbewoners hun matras in brand staken. In de drie jaar voor de fatale brand rukte de brandweer 32 maal naar het complex uit omdat de brandmelder afging. Verder bleken de bewakers in het tijdelijke cellencomplex niet voldoende opgeleid en getraind te zijn om op de juiste wijze hulp te verlenen in geval van brand.

Uiteindelijk hebben elf ingesloten en de brand niet overleefd, en raakten vijftien celbewoners en bewakers gewond [Onderzoeksraad, 2006].

2.3 FATALE BRANDEN IN HET BUITENLAND

Brand in warenhuis Innovation, 1967, Brussel, België

Op 22 mei 1967 brak in de vroege namiddag brand uit in het Brusselse warenhuis Innovation, toen er veel klanten in de winkel aanwezig waren [Van der Meeren & Moelants, 2007]. Bij de brand zijn 323 mensen omgekomen en ongeveer 150 mensen gewond geraakt. Omdat het brandalarm afging op het tijdstip waarop dagelijks de bel voor het middageten van het personeel luidde, beseften velen niet dat er brand was. De meeste doden vielen dan ook in het selfserviceresaurant, achter in het warenhuis.

Het warenhuis bestond uit drie met elkaar verbonden gebouwen. Door velen werd het gebouw ervaren als een doolhof. De centrale ruimte met de trappen was uitgevoerd als een atrium. Daardoor konden de rook en de hitte zich snel over het gehele gebouw verspreiden. Het gebouw was niet voorzien van een sprinklerinstallatie en nooduitgangen waren afgesloten. Verder waren in het warenhuis veel versieringen aanwezig die hoofdzakelijk bestonden uit licht ontvlambaar materiaal.

Om 13.34 uur kwam de eerste brandmelding bij de Brusselse brandweer binnen. De beller meldde op zeer kalme wijze dat in de Innovation sprake was van rookontwikkeling. Even later kwam een tweede brandmelding binnen, waarin weer op zeer kalme wijze werd gemeld dat er brand was in het warenhuis. In de daaropvolgende minuten viel het licht uit in het warenhuis en raakten de eerste mensen bedwelmd door de rook. In het donker zochten de klanten naar de nooduitgangen, waarvan een groot aantal afgesloten bleek te zijn. Andere deuren gingen wel open, maar bleken geen echte nooduitgangen te zijn. De slachtoffers stuitten op een raam dat erachter school, of op een muur.

Om 13.38 uur arriveerde de eerste brandweerwagen. Inmiddels lagen de paden al bezaaid met lichamen. Om 14.00 uur stortte het eerste van de drie gebouwen in. Om 16.00 uur stortte het tweede gebouw in. Alleen het centrale gebouw bleef overeind. Op het moment dat de brandweer arriveerde, hingen mensen aan koorden en klommen zij uit vensters. Sommigen waren al uit het raam gesprongen en hadden de val niet overleefd. Een brandweerman had gezien dat mensen naar buiten vluchtten en daarna weer het brandende gebouw binnen liepen. Later zijn mensen aangetroffen die tegen een muur zaten.

Een klant heeft tijdens de brand in het Brusselse warenhuis Innovation (1967) angstige momenten in een trappenhuis meegemaakt. Zij was tijdens de ontvluchting bij de brand in het warenhuis samen met haar zoontje in het trappenhuis beland. Beiden hebben de brand overleefd. Veertig jaar later vertelt de vrouw enigszins aarzelend in een interview [Canvas, 2007]:

'Het leek wel een leger van steen. Niemand bewoog, niemand zei wat. En er hing een verschrikkelijke rook. Ik dacht: Ze zijn allemaal staande dood. Alle deuren rondom mij waren op slot. Dat vonden wij niet normaal. Alles was op slot. Net toen ik alle hoop had laten varen, hoorde ik de stem van een jonge brandweerman die zei: "Zijn hier nog levenden?" Ik heb toen met mijn laatste kracht mijn vinger opgestoken. Hij heeft me toen over zijn schouder gelegd, en me naar beneden gebracht, twee of drie verdiepingen lager. En daar legde hij me tussen de doden. Want er waren al veel doden.'

Een leidinggevende verkoopster heeft zonder veel paniek de straat kunnen bereiken. Dit deed zij samen met het grootste deel van de klanten van de onderste verdiepingen. Veertig jaar later vertelt zij vol energie over haar kor-date actie [Canvas, 2007]:

'Ik kwam uit mijn bureau en zag dat de afdeling Peignoirs in brand stond. Ik zei: "Maak de strandhokjes leeg." Want we hadden prachtige strandhokjes opgesteld. Die zijn helaas verbrand. Ik zei: "Haal de klanten eruit en volg me." Het personeel zei: "En de kassa's?" Ik zei: "Laat liggen, daar zijn ze voor verzekerd." En iedereen is me gevolgd naar de beneden-verdieping, waar de prikklokken en de vestiaires waren.'

Brand in vliegterminal Düsseldorf, 1996, Duitsland

Op 11 april 1996 brak brand uit in een drukke passagiersterminal op het vliegveld Düsseldorf [Comeau, 1996]. De brand is ontstaan als gevolg van laswerkzaamheden op een weg boven de aankomsthal. Hierbij raakte polystyreen isolatiemateriaal vlak boven het plafond van de aankomsthal in brand. De brand is om ongeveer 15.31 uur gemeld door iemand die zag dat er vonken uit het plafond kwamen, vlakbij een bloemenzaak in de aankomsthal op de begane grond. Ongeveer zeven minuten later kwam rook uit de ventilatoren in de bloemenzaak en begon het plafond te gloeien en vielen brandende delen naar beneden. Binnen negen minuten na de eerste melding was al het materieel en personeel van de bedrijfsbrandweer ingeschakeld om de brand te bestrijden. Toen om 15.58 uur de brand zich zeer snel ontwikkelde binnen een groot gebied van de terminal, werd de overheidsbrandweer ingeschakeld. Onder-tussen was sprake van zware rookontwikkeling.

Bij deze brand zijn 17 mensen omgekomen en raakten 62 mensen gewond [Comeau, 1996]. Zeven slachtoffers zijn door de brandweer aangetroffen in twee liften, vijf in de ene, twee in de andere lift. Zij waren op het dak van de parkeergarage boven de aankomsthal. Toen zij rook uit de terminal zagen komen, besloten zij via de lift te vluchten. De lift kwam echter uit in de aankomsthal waar de brand was. Acht slachtoffers zijn aangetroffen in een vip-lounge op de derde verdieping. Één slachtoffer is aangetroffen in een wc-ruimte. Het laatste slachtoffer is een aantal weken na de brand in het ziekenhuis overleden.

Brand in een nachtclub, 1998, Gothenburg, Zweden

Op 28 oktober 1998 brak brand uit in een nachtclub in Gothenburg (Zweden) [Comeau & Duval, 2000]. In de discotheek op de eerste verdieping waren ongeveer 400 mensen aanwezig, terwijl door de plaatselijke brandweer toestemming was verleend voor 150 mensen. Aan elk uiteinde van de rechthoekige ruimte was een uitgang aanwezig. Verder waren ramen aanwezig. Sommige ramen waren voorzien van tralies ten behoeve van inbraakbeveiliging. Vlak voor middernacht opende de diskjockey de deur naar één van de twee trappenhuisen. Het trappenhuis aan de zuidoostzijde bleek vol rook te staan en de rook verplaatste zich naar de danszaal. Via de mobiele telefoon alarmeerde de diskjockey de brandweer en startte hij met de ontvluchting. Toen de brandweer ter plaatse kwam, blokkeerde een grote groep mensen de toegang tot het gebouw. De brandweerofficier stapte uit om de weg vrij te maken voor de brandweervoertuigen. Bij het gebouw aangekomen zagen zij een aantal gewonde mensen op de grond liggen. Deze personen waren uit het raam gesprongen. De brandweer probeerde het gebouw via de hoofdingang aan de noordwestzijde binnen te komen. Dit was echter niet mogelijk. Brandweerpersoneel verklaarde later dat het trappenhuis was geblokkeerd door een stapel gewonde mensen. Deze gewonden zijn eerst door de brandweer naar buiten gebracht, voordat ze het gebouw binnen konden komen. Boven in het trappenhuis aangekomen werden zij opnieuw geconfronteerd met een 'muur van lichamen'. Volgens de verklaringen van de brandweer waren de lichamen dicht opeengepakt vanaf de vloer tot de bovenkant van de deuropening. Het brandweerpersoneel begon direct met het weghalen van de lichamen. Terwijl zij de lichamen weghaalden, probeerden mensen die nog in de danszaal aanwezig waren via de gecreëerde openingen naar het trappenhuis te klauteren. Toen de watervoorziening gerealiseerd was, is een brandweerman via een raam naar binnen gegaan. Deze brandweerman verklaarde dat mensen aan hem begonnen te trekken en probeerden om het adembluchtapparaat van zijn gezicht te trekken. Verder verklaarde hij dat het donker, rokerig en heet was in de ruimte. Er was op dat moment echter geen sprake van een hevige brand. Bij de brand zijn 63 mensen omgekomen (waarvan vier personen later in het ziekenhuis), variërend in de leeftijd van 14 tot 20 jaar oud [Comeau & Duval, 2000]. 213 mensen raakten gewond [Welling e.a., 2005]. De schatting van de brandweer is dat zij 40 tot 50 mensen hebben gered [Comeau & Duval, 2000]. Uit het onderzoeksrapport van NFPA komt naar voren dat met name de overbezetting, het ontbreken van een brandalarmsysteem en de ontsteking van brandbaar opgeslagen materiaal in het trappenhuis hebben bijgedragen aan het grote aantal slachtoffers [Comeau & Duval, 2000].

BIJLAGE 3

MENSEN MET BEPERKINGEN

Deze publicatie richt zich op het gedrag van mensen die in geval van een calamiteit zichzelf kunnen redden. Mensen met beperkingen zijn in geval van een calamiteit veelal aangewezen op hulp van omstanders en daarmee niet-zelfredzaam. Om maatregelen te kunnen aanwijzen die de zelfredzaamheid van mensen in gebouwen bevorderen, vormt het gedrag van mensen met een permanente beperking niet per definitie de juiste basis. Immers, een gebouwbezetting van een gebouw bestaat doorgaans uit mensen zonder permanente beperking met soms enkelen met een permanente beperking. Alleen in gebouwen met een bijzondere gebruiksfunctie, zoals in zorggebouwen en gevangenissen, zijn relatief veel niet-zelfredzame personen aanwezig. Bij de literatuurscan is daarom geen speciale zoektocht uitgevoerd naar literatuur over het vluchtgedrag van mensen met beperkingen.

In deze bijlage is de bij toeval in de literatuur aangetroffen informatie over mensen met beperkingen opgenomen. Deze informatie geeft beslist géén volledig beeld van de brandpreventieve aandachtspunten voor mensen met permanente beperkingen.

3.1 MAATREGEL OM DE NOODZAAK VAN ONTVLUCHTING TE VERKLEINEN

Voor het aanwijzen van brandpreventieve maatregelen die nodig zijn in een gebouw waarin veel mensen met permanente beperkingen aanwezig zijn (of waarin mensen zijn opgesloten), is het zinvol de aandacht te richten op maatregelen die in geval van brand ervoor zorgen dat ontvluchting uit het gebouw niet noodzakelijk is.

Een sprinklerinstallatie is een belangrijke maatregel om in geval van brand ervoor te zorgen dat de ontvluchting uit gebouwen niet noodzakelijk is. Proulx (2000) stelt dat de toepassing van een sprinklersysteem een zeer veilige levensbeschermende voorziening is, met name in gebouwen waarin verminderd tot niet-zelfredzame personen verblijven. Een goed ontworpen en onderhouden sprinklersysteem kan in veel gevallen de uitbreiding van een beginnende

brand beperken of deze zelfs blussen. Uit een reconstructie van de brand in The Station Nightclub in Boston in 2003 blijkt ook dat de effecten van een sprinklerbeheerste brand minder ernstig zijn¹²⁷ dan de effecten van een brand in een gebouw zonder sprinkler [Bryner e.a., 2007].

Kortom, er kan gesteld worden dat een sprinklerinstallatie de benodigde bescherming biedt om de noodzaak van ontvluchting te verkleinen. Bij het in werking treden van een sprinklerinstallatie blijft het door brand bedreigde gebied namelijk beperkt, en daarmee is ook het aantal personen dat moet vluchten zo klein als mogelijk. Bovendien is bij het in werking treden van een sprinklerinstallatie meer tijd beschikbaar voor het wachten op de hulp (bedrijfs hulpverleningsorganisatie, brandweer, omstanders). Uit incidentverslagen van branden in bijzondere woongebouwen¹²⁸ blijkt deze hulp nodig te zijn om de niet-zelfredzame personen in het bedreigde gebied één voor één te redden.

3.2 NIET-ZELFREDZAAMHEID

Tot op heden wordt zelfredzaamheid bij brand in gebouwen veelal geassocieerd met het vermogen van mensen om zich, zonder hulp van anderen, in een gebouw te verplaatsen. Zo worden jonge kinderen, ouderen, gehandicapten, ingesloten (in een cel of in een psychiatrische inrichting) en bedlegerige personen door brandpreventiedeskundigen en *fire safety engineers* doorgaans aangemerkt als 'niet- of verminderd zelfredzaam'.

Bij niet-zelfredzame personen wordt vanuit het oogpunt van brandveiligheid doorgaans gedacht aan mensen met een handicap, ouderen en jonge kinderen. Volgens Sime (1991) betekent het hebben van een handicap echter niet dat de betreffende persoon per definitie niet-zelfredzaam¹²⁹ is. Een persoon die blind is kan zich bij verslechterd zicht als gevolg van lichtuitval bijvoorbeeld doorgaans beter oriënteren dan personen zonder zichthandicap [Sime, 1991]. Bovendien stelt Sime dat de mate van zelfredzaamheid van een persoon variabel is en afhangt van de omgevingscondities waarin de persoon zich bevindt. Zo kan een slecht ontworpen of ongunstig gesitueerde nooduitgang leiden tot verminderde of niet-zelfredzaamheid. Ook de effecten van brand, zoals rook, hitte en toxische gassen, kunnen tot situaties leiden waarbij het voor de aanwezige personen niet mogelijk is zichzelf in veiligheid te brengen. Ver-

127. Zie hoofdstuk 7.4.4 in deel 3.

128. Zie hoofdstuk 7.1.3 in deel 3.

129. Sime hanteert de term 'vulnerable' waarmee vrij vertaald hetzelfde wordt bedoeld als 'niet-zelfredzaam' in brandpreventieve zin.

der is uit incidentevaluaties gebleken dat sociale factoren bepalend zijn bij de besluitvorming voordat een ontvluchting wordt opgestart. Met name de acties van het gebouw personeel in geval van een calamiteit blijken het gedrag van het publiek te beïnvloeden [Sime, 1991].

Er is een verschil tussen mensen met permanente beperkingen, zoals rolstoelgebruikers, blinden en doven, en mensen met tijdelijke beperkingen, zoals ziekenhuispatiënten en zwangere vrouwen. Volgens Proulx (2002) gedragen mensen met permanente beperkingen zich bij een ontvluchting – onder normale omstandigheden – namelijk niet minder zelfredzaam dan mensen zonder beperkingen. Uit experimenten door Boyce e.a. (1999b) blijkt echter dat de verplaatsingssnelheid en het verplaatsingsgemak van mobiel gehandicapten¹³⁰ afwijken van personen zonder mobiele handicap. Verder kunnen deze personen – al of niet onder begeleiding – in diverse typen gebouwen aanwezig zijn, zoals kantoren, hotels en uitgaansgelegenheden [Proulx, 2002; Boyce e.a., 1999]. Mensen met tijdelijke beperkingen bevinden zich echter veelal in zorggebouwen en zijn aangewezen op de hulp van anderen [Proulx, 2002].

Behalve dat een onderscheid gemaakt kan worden tussen mensen met tijdelijke en permanente beperkingen, kan de typering van de beperkingen ook gerelateerd worden aan de driedeling van het vluchtproces. Bij het proces van de bewustwording van het gevaar kunnen problemen optreden die worden veroorzaakt door sensorische beperkingen. Zo ontwaakt iemand die slechthorend is minder snel bij het afgaan van een rookmelder dan iemand die goed kan horen. Bij het proces van de validatie van en de reactie op gevaarssignalen speelt de besluitvorming een belangrijke rol. Hier kunnen problemen ontstaan die gerelateerd zijn aan psychische beperkingen. Zo reageert iemand die onder invloed is van alcohol of medicijnen doorgaans minder alert dan iemand die nuchter is. Bij het proces van de verplaatsing naar een veilige omgeving kunnen problemen optreden die te maken hebben met fysieke beperkingen. Zo heeft iemand met een knieblessure meer moeite met het afdalen van trappen dan iemand die fysiek gezond is.

Hoewel een driedeling in de typering van beperkingen duidelijk te maken is, wordt in de literatuur over ontvluchting dit onderscheid nauwelijks gemaakt. De nadruk van de onderzoekers ligt namelijk op de beperkingen die optreden tijdens het proces van de feitelijke verplaatsing. De nadruk ligt daarbij op de mobiliteit van (gehandicapte) personen.

130. Mensen met een handicap die betrekking heeft op mobiliteit, zicht, gehoor en de mentale mogelijkheden voor het verwerken van informatie.

3.3 MENSEN MET EEN MOBIELE BEPERKING

Boyce e.a. (1999) hebben onderzoek gedaan naar de mobiliteit van personen met een permanente mobiele beperking. Hierbij is gekeken naar de factoren die invloed hebben op de mogelijkheid van personen om bij brand te vluchten:

- beweging/mobiliteit;
- mogelijkheid van rekken en strekken;
- behendigheid;
- zicht;
- gehoor;
- mentale mogelijkheden, bijvoorbeeld het verwerken van informatie.

Mensen met een handicap die betrekking heeft op de bovengenoemde factoren worden hierna aangeduid als 'mobiel gehandicapten'.

Bij het onderzoek is gebruikgemaakt van statistieken van het Northern Ireland Disability Survey (NIDS, 1990) en van de Britse Office of Population Census and Surveys (OPCS, 1984) en de Policy Planning and Research Unit (PPRU, 1989). De gegevens van het NIDS zijn het meest gedetailleerd en zijn hierna in het kort weergegeven. Voor meer informatie wordt verwezen naar Boyce e.a. (1999a).

In 1990 was 12% van de mobiele populatie in Noord-Ierland gehandicapt. Hierbij heeft 1,9% assistentie nodig wanneer zij op pad gaan en 10,1% van de populatie is mobiel gehandicapt maar heeft geen assistentie nodig. Het is aanmerkelijk dat deze personen in openbare gebouwen aanwezig zijn, en deel uitmaken van de gebouwpopulatie. In tabel 1 zijn de percentages met betrekking tot mobiel gehandicapten weergegeven.

Tabel 1 Percentage mobiel gehandicapten in Noord-Ierland in 1990 [Boyce e.a., 1999a]

| Mate van mobiliteit | Percentage (%) van de totale mobiele populatie | | |
|-----------------------------|--|--------------------------|--------|
| | Gehandicapte kinderen | Gehandicapte volwassenen | Totaal |
| Assistentie nodig | 0,3 | 1,6 | 1,9 |
| Geen assistentie nodig | 0,5 | 9,6 | 10,1 |
| Totaal mobiel gehandicapten | 0,8 | 11,2 | 12,0 |

Van de totale mobiele populatie in Noord-Ierland heeft [Boyce e.a., 1999a]:

- bijna 8% een bewegingshandicap, waarbij 0,14% in een rolstoel zit;
- 2,6% een handicap in relatie tot rekken en strekken;
- 3,1% een behendigheidshandicap;

- 3,0% een zichtgerelateerde handicap, waarbij 0,1% blind is;
- 5,2% een gehoorgerelateerde handicap, waarbij 0,1% doof is;
- 3,2% een gedragsgerelateerde handicap, dat wil zeggen dat zij moeite hebben om zichzelf onder controle te houden of om relaties aan te gaan;
- 2,8% een handicap in relatie tot het intellectueel functioneren, dat wil zeggen dat zij in bepaalde mate moeite hebben met lezen, schrijven, het verwerken van informatie en mogelijk vaak in de war zijn.

In de tabellen 2 en 3 zijn gegevens opgenomen over de problemen waarmee volwassen mobiel gehandicapten geconfronteerd worden in gebouwen. De waarden zijn weergegeven in percentages van de totale mobiele populatie.

Tabel 2 Probleemactiviteiten in gebouwen voor mobiel gehandicapten [Boyce e.a., 1999a]

| Activiteit | Geen assistentie nodig | | | Assistentie nodig | | |
|-------------------------|------------------------|------|---------------|--------------------|------|---------------|
| | Moeilijkheidsgraad | | | Moeilijkheidsgraad | | |
| | Matig | Hoog | Niet mogelijk | Matig | Hoog | Niet mogelijk |
| Traplopen | 2,40 | 1,10 | 0,20 | 0,20 | 0,60 | 0,20 |
| Buitentrappen beklimmen | 1,50 | 0,80 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,20 |
| Deurdrempel betreden | 0,10 | 0,10 | 0,03 | 0,20 | 0,10 | 0,01 |
| Deuropening doorgaan | 0,10 | 0,03 | 0,01 | 0,10 | - | 0,01 |
| Deurknop omdraaien | 0,30 | 0,10 | 0,03 | 0,20 | 0,07 | 0,05 |

Tabel 3 Probleemactiviteiten in gebouwen voor mobiel gehandicapten [Boyce e.a., 1999a]

| Activiteit | Totaal mobiel gehandicapten | | |
|-------------------------|-----------------------------|------|---------------|
| | Moeilijkheidsgraad | | |
| | Matig | Hoog | Niet mogelijk |
| Traplopen | 2,59 | 1,69 | 0,43 |
| Buitentrappen beklimmen | 1,81 | 1,14 | 0,40 |
| Deurdrempel betreden | 0,32 | 0,13 | 0,04 |
| Deuropening doorgaan | 0,15 | 0,03 | 0,02 |
| Deurknop omdraaien | 0,43 | 0,13 | 0,08 |

Er zijn diverse ontvluchtingsexperimenten met mobiel gehandicapten uitgevoerd. In Boyce e.a. (1999b) zijn gegevens opgenomen over de verplaatsings-snelheden van mensen die met krukken lopen, door andere mensen worden ondersteund tijdens het lopen, in een rolstoel zitten en geen assistentie nodig

hebben en van mensen die in een rolstoel zitten en hulp van anderen nodig hebben. Hierbij is gekeken naar horizontale verplaatsing over 50 meter ($n=155$), verplaatsing via een hellingbaan met een helling van $3-4^\circ$ ($n=69$), verplaatsing in een gang met een hoek van 90° ($n=136$) en verplaatsing via een trap ($n=34$). Behalve de verplaatsingssnelheden¹³¹ zijn ook gegevens over het verplaatsingsgedrag van mobiele gehandicapten geanalyseerd. De belangrijkste bevindingen over het gedrag zijn hierna weergegeven [Boyce e.a., 1999b]:

- Meer dan 13% van de deelnemers met een bewegingshandicap die geen assistentie nodig hebben, gebruikte bij het experiment van de horizontale verplaatsing de volle breedte van de route. Zij hadden geen voorkeur voor één zijde van de route (rechts of links aanhouden) en liepen niet in een rechte lijn tussen de afbakeningen aan de zijkant van de route.
- Ongeveer 21% van de deelnemers verplaatste zich langs de zijwanden van de route. De keuze voor de linker- of rechterwand was afhankelijk van de beperking van de betreffende persoon. Een persoon die linkszijdig verlamd was, koos bijvoorbeeld voor de rechterzijwand voor ondersteuning.
- Een aantal personen had een karakteristieke wijze van voortbewegen, zoals een hinkende of schommelende beweging tijdens het lopen.
- De meerderheid van de lopende personen zocht steun bij handrails, met name tijdens de verplaatsing via de hellingbaan.
- De personen die zonder assistentie van anderen de hellingbaan af liepen, verplaatsten zich enorm voorzichtig. Hierdoor nam de verplaatsingssnelheid sterk af.
- Meer dan 35% van de personen nam bij het beklimmen van de trap telkens één trede per stap, bij het dalen was dit bij 44% van de personen het geval.
- Over het algemeen ging het beklimmen van de trap gemakkelijker dan het dalen.
- 91% van de deelnemers die geen assistentie nodig hebben, maakte gebruik van de handrail bij het beklimmen van de trap, 94% deed dit bij het dalen.
- Personen met een bewegingshandicap hadden over het algemeen meer ruimte nodig voor het beklimmen van de trap dan voor het dalen.
- Meerdere personen moesten meerdere malen rusten tijdens de verplaatsing langs de route. Er was geen verband tussen het type handicap en de behoefte om een of meerder keren te rusten. De tien personen die zich – zonder rust halverwege – 50 meter hadden verplaatst waren extreem vermoeid en buiten adem. Zij hadden ook aanzienlijke tijd nodig om weer op adem te komen.

131. Voor de verschillende verplaatsingssnelheden wordt verwezen naar Boyce et al. (1999b).

Uit experimenten door Shields is het volgende naar voren gekomen [Rubadiri e.a., 1997]:

- Rolstoelgebruikers en niet-gehandicapten belemmeren elkaar niet tijdens een ontvluchting. Rolstoelgebruikers belemmeren elkaar evenmin.
- Mobiel gehandicapten die door niet-gehandicapte personen ondersteund worden, kunnen rolstoelgebruikers belemmeren bij horizontale verplaatsing.

Tot slot stellen Rubadiri e.a. (1997) op basis van een theoretische analyse dat, aangezien empirisch onderzoek door Fruin en anderen uitwijst dat de loopsnelheid afneemt bij een hoge bezettingsdichtheid, aangenomen kan worden dat de loopsnelheid nog verder afneemt indien mobiel gehandicapten bij de ontvluchting betrokken zijn. Daarentegen is de relatieve loopsnelheid van een mobiel gehandicapte bij een hoge bezettingsdichtheid naar verwachting sneller dan bij een lage bezettingsdichtheid. Ofwel, de mobiel gehandicapte zal wat betreft de loopsnelheid gebaat zijn bij een hoge bezettingsdichtheid.

3.4 MENSEN MET EEN ZICHTBEPERKING

Passini en Proulx hebben aan de hand van experimenten geconcludeerd dat mensen met een zichtbeperking meer informatie nodig hebben en meer besluiten moeten nemen tijdens het vinden en volgen van een vluchtroute dan mensen zonder zichtbeperking [Robertson & Dunne, 1998]. Indien een gebouw (speciaal) toegankelijk is voor mensen met een zichtbeperking, zal rekening gehouden moeten worden met deze constatering. Dit betekent dat het ontwerp zodanig moet zijn aangepast dat de looproute voldoende duidelijk is voor mensen met een zichtbeperking en dat rekening gehouden moet worden met een vertraagde vluchtsnelheid. Robertson en Dunne (1998) hebben twee centra speciaal voor mensen met een zichtbeperking en twee openbare gebouwen, te weten een sportcentrum en een winkelcentrum, onderzocht op de aanwezigheid van wayfinding-voorzieningen voor mensen met een zichtbeperking. Uit het onderzoek bleek dat in de geïnspecteerde openbare gebouwen onvoldoende voorzieningen aanwezig waren die de wayfinding voor mensen met een zichtbeperking ondersteunen. Verder is in het algemeen geconcludeerd dat in de (Amerikaanse) wetgeving wel voorzieningen zijn opgenomen voor mensen met fysieke beperkingen, maar niet voor mensen met een visuele beperking.

3.5 OUDEREN

Hallberg en Nyberg hebben onderzoek gedaan naar de mobiliteit van bewoners van serviceflats in Zweden. Uit dit onderzoek is gebleken dat 44% van de bewoners bij het afdalen van trappen afhankelijk is van de hulp van anderen. Volgens de wetgeving vallen serviceflats (in zowel Zweden als Nederland) in de categorie woongebouwen. Voor degelijke gebouwen worden geen nadere eisen gesteld met betrekking tot de ontvluchting van niet-zelfredzame personen [Frantzich, 1994].

Wong en Leung (2005) hebben in vijf verzorgingstehuizen onderzoek gedaan naar het ontwaken door een brandalarm en naar het reactiegedrag. Totaal bleken 149 bewoners, in de leeftijd van 66 tot 88 jaar, en 81 personeelsleden, in de leeftijd van 22 tot 48 jaar, wakker te worden van het brandalarm. Deze 230 personen zijn vervolgens geïnterviewd. In de tabellen 4 en 5 zijn de gegevens uit de interviews samengevat. De waarden zijn in procenten (%).

Tabel 4 Samenvatting van enquête in verzorgingstehuizen [Wong & Leung, 2005]

| Vragen en antwoorden | Personeel | Bewoners | Totaal |
|-------------------------------------|-----------|----------|--------|
| Zou u proberen de brand te blussen? | | | |
| Ja | 47 | 1 | 17 |
| Nee | 53 | 99 | 83 |
| Waarmee zou u een brand blussen? | | | |
| Brandblusser | 68 | 0 | 66 |
| Emmer met water | 16 | 100 | 18 |
| Brandslanghaspel | 8 | 0 | 8 |
| Blusdeken | 8 | 0 | 8 |

Tabel 5 Samenvatting van enquête in verzorgingstehuizen [Wong & Leung, 2005]

| Vragen en antwoorden | Personeel | Bewoners | Totaal |
|--|-----------|----------|--------|
| Hooft u vaak een 'loos' alarm? | | | |
| Zelden | 10 | 45 | 32,6 |
| Soms | 89 | 55 | 67 |
| Altijd | 1 | 0 | 0,4 |
| Wanneer hoorde u voor het laatst het alarm dat u zojuist hoorde? | | | |
| Paar dagen geleden | 78 | 78 | 78 |
| Weken geleden | 22 | 22 | 22 |
| Maanden geleden | 0 | 0 | 0 |

| Vragen en antwoorden | Personeel | Bewoners | Totaal |
|---|-----------|----------|--------|
| Kent u het verschil tussen het brandalarm en het liftalarm? | | | |
| Ja | 56 | 10 | 26 |
| Soms | 43 | 59 | 54 |
| Nee | 1 | 31 | 20 |
| Welke omschrijving past het best bij het geluids-niveau van het brandalarm? | | | |
| Erg zwak | 9 | 0 | 3 |
| Zwak | 4 | 14 | 11 |
| Voldoende | 25 | 36 | 32 |
| Luid | 49 | 35 | 40 |
| Zeer luid | 13 | 15 | 14 |
| Hoe interpreteerde u het alarmsignaal? | | | |
| Echte brand | 15 | 90 | 63 |
| Test van brandalarm | 31 | 5 | 14 |
| Loos alarm | 54 | 5 | 23 |
| Anders | 0 | 0 | 0 |
| Wat zou u eerst doen wanneer het alarmsignaal bleef aanhouden? | | | |
| Het signaal negeren | 0 | 0 | 0 |
| Kijken of er iets aan de hand is | 25 | 23 | 24 |
| Iemand om informatie vragen | 28 | 46 | 40 |
| Om hulp bellen | 41 | 0 | 14 |
| Het gebouw direct verlaten | 6 | 31 | 23 |
| Welke route zou u kiezen voor ontluchting? | | | |
| Een uitgang die als eerste voor mij beschikbaar is | 75 | 33 | 37 |
| Een uitgang die naar beneden leidt | 25 | 67 | 63 |
| Een uitgang die naar boven leidt | 0 | 0 | 0 |
| Lift | 0 | 0 | 0 |
| Anders | 0 | 0 | 0 |

3.6 TOEGANKELIJKHEID EN UITGANKELIJKHEID

In Canada [Proulx, 2002], maar ook in andere landen zoals Groot-Brittannië en Nederland, is de toegankelijkheid van gebouwen bij wet geregeld. Met name door toepassing van liften, roltrappen en hellingbanen is de toegankelijkheid van gebouwen voor mensen (met lichamelijke beperkingen) verbeterd. In geval van brand is het gebruik van liften en roltrappen echter niet toegestaan. De belangrijkste reden hiervoor is dat vanwege mogelijke functie-uitval van de elektrische voorzieningen de vluchtmogelijkheid niet gegarandeerd kan worden. In geval van brand is de ontluchting uit (hoge) gebouwen via trappen geregeld. Hierdoor zijn mensen met fysieke beperkingen bij ontluchting veelal aangewezen op de hulp van anderen enerzijds, of op bouwkundige voorzieningen die het veilig wachten op de redding van hulpverleningsdiensten

mogelijk maken anderzijds [Proulx, 2002]. Om niet alleen de toegankelijkheid voor mensen met lichamelijke beperkingen te reguleren, maar ook de ontvluchting in geval van calamiteiten, is in Groot-Brittannië een richtlijn opgesteld voor de ontvluchting voor gehandicapten, te weten de *British Standard 5588: Part 8: 1999. Fire precautions in the design, construction and use of buildings. Code of practice for means of escape for disabled people*. Ook in de *Americans with Disabilities Act* [Proulx, 2000] zijn voorwaarden gesteld die een veilige ontvluchting voor gehandicapten mogelijk moeten maken. Zo is het in gebouwen zonder sprinklersysteem¹³² en voor gehandicapten toegankelijke (nood)uitgangen noodzakelijk om van brand en rook gevrijwaarde wachtruimten te creëren. In Nederland is alleen de toegankelijkheid van gebouwen bij wet geregeld.

3.7 EVACUATION PERFORMANCE INDEX (EPI)

Rubadiri e.a. (1997) constateren dat bijna alle empirische vluchttijdmodellen, die gebruikt kunnen worden bij *fire safety engineering*, geen rekening houden met mensen met een mobiele handicap. Daarom hebben de onderzoekers een raamwerk ontwikkeld waarmee de ontvluchtingsmogelijkheden van mobiel gehandicapten voorspeld kunnen worden. Dit raamwerk is gebaseerd op de *Evacuation Performance Index (EPI)* van personen, die uitgaat van drie aspecten van brandveiligheid:

- individuele persoonskenmerken (zoals het type handicap en de hulpmiddelen die gebruikt worden);
- mate van assistentie van anderen die de persoon nodig heeft;
- gebouwonwerp (fysiek) en omgevingsfactoren (omgevingstemperatuur, verlichting, rook).

De EPI voor mobiel gehandicapten wordt gedefinieerd als het relatieve vluchtgemak door de betreffende persoon vergeleken met het vluchtgemak van een niet-gehandicapt persoon. De typen mobiele handicaps zijn onder te verdelen in twee groepen: handicaps die op directe wijze een beperkende invloed hebben op de verplaatsing en handicaps die op indirecte wijze een beperkende invloed hebben. Bij handicaps met een direct beperkende invloed valt te denken aan mensen met bewegingsbeperkingen als gevolg van gebrekkige spiercoördinatie, verlamming of geamputeerde ledematen. Deze handicaps hebben met name invloed op de mogelijkheid van verplaatsing en de verplaatsingsnelheid. Bij handicaps met een indirect beperkende invloed valt te denken aan blinden, doven en mensen met een verstandelijke beperking. Hieronder

132. Overigens stelt Proulx (2000) dat dergelijke wachtruimten juist passender zijn in gebouwen met sprinkler, aangezien het zicht mogelijk eerder verslechtert wanneer een sprinklerkop is geactiveerd.

vallen ook personen die onder invloed zijn van drank, drugs of medicijnen en demente personen. Deze beperkingen hebben met name invloed op de reactietijd, en bovendien op de mogelijkheid van verplaatsing en de verplaatsings-snelheid [Rubadiri e.a., 1997].

DANKWOORD

Een eerdere versie van deze publicatie is beoordeeld door twaalf referenten. Mijn bijzondere dank gaat daarom uit naar:

prof. dr. I. Helsloot, hoogleraar Crisisbeheersing en Fysieke Veiligheid (VU Amsterdam)

prof. dr. ir. B. de Vries, hoogleraar Architectonische Ontwerpsystemen (TU Eindhoven)

prof. dr. B.J.M. Ale MIFireE, hoogleraar Veiligheid en Rampenbestrijding (TU Delft)

prof. ir. P.G. Luscure, hoogleraar Installaties (TU Delft)

dr. L.C. Boer, zelfstandig onderzoeker, consultant (Louis Boer Consult)

dr. J.P. Van de Sande, docent Sociale Psychologie (RU Groningen)

dr. J.M. Gutteling, universitair hoofddocent Psychologie (Universiteit Twente)

drs. E. Oomes, lector Brandweerkunde (NIFV)

ing. R.R. Hagen MPA, lector Brandpreventie (NIFV)

dhr. H. Veltkamp, decaan Brandpreventie (NIFV)

ing. J.M. Weges, onderzoeker Brandpreventie (NIFV)

dr. ir. J. Post, programmamanager Onderzoek (NIFV)

Deze publicatie is mede tot stand gekomen dankzij de medewerking van ing. N. Oberijé, projectleider meerjarenonderzoeksprogramma Zelfredzaamheid (NIFV), drs. K. Groenewegen-Ter Mosche, dr. ir. N. Rosmuller, lid respectievelijk voormalig lid van het onderzoeksteam Zelfredzaamheid, spoor 2: Veilig ontwerpen van gebouwen, en mw. Y. Stassen, redacteur (NIFV).

Het onderzoek is mogelijk gemaakt door het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

BRONNEN

LITERATUUR

- Averill, J.D., Mileti, D., Peacock, R., Kuligowski, E., Groner, N., Proulx, G., Reneke, P., Nelson, H. (2007). Federal Investigation of the Evacuation of the World Trade Center on September 11, 2001. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics 2005*. Springer, Berlin-Heidelberg.
- Babrauskas, V., Peacock, R. (1992). Heat Release Rate: The Single Most Important Variable in Fire Hazard. *Fire Safety Journal* 18, p. 255-272.
- Barker, J.A. (1993). *Paradigms: The Business of Discovering the Future*. HarperCollins Publishers, New York.
- Barnett, M., Bruck, D., Jago, A. (2007). Mean annual probability of having a residential fire experience throughout a lifetime: development and application of a methodology. In *Proceedings of 7th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology*. Hong Kong.
- Benders, J.F. (2002). *Bestuursstructuur en schriftcultuur. Een analyse van de bestuurlijke verschriftelijking in Deventer tot het eind van de 15de eeuw*. Proefschrift. Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.
- Benthorn, L., Frantzich, H. (1996). *Fire alarm in a public building: How do people evaluate information and choose evacuation exit?* Department of Fire Safety Engineering, Lund Institute of Technology, Lund University.
- Black, B.D. (2002). Life safety, fire protection, and mobility-impaired persons. *Fire Protection Engineering* 16, p. 26-29.
- Blomqvist, P. (2005). *Emissions from fire. Consequences for human safety and the environment*. Doctoral thesis. Lund University. Lund.
- Boer, L.C. (1998). *Improved signposting for the evacuation of passenger ships*. Report TM-98-C081. TNO Human Factors Research Institute, Soesterberg.
- Boer, L.C. (2002). *Gedrag van automobilisten bij evacuatie van een tunnel*. TNO, Soesterberg.
- Boer, L.C. (2003). *Praktijkproef geluidsbakens bij ontruiming tunnel in dichte rook*. TNO, Soesterberg.
- Boer, L.C. (2004). *Guiding passengers in emergencies: Development and performance test of way-finding concepts*. Report TM-04-C008. TNO Human Factors Research Institute, Soesterberg.
- Boyce, K.E., Shields, T.J., Silcock, G.W.H. (1999a). Toward the characterization of building occupancies for fire safety engineering: Prevalence, type and mobility of disabled people. *Fire Technology* 35, p. 35-50.

- Boyce, K.E., Shields, T.J., Silcock, G.W.H. (1999b). Toward the characterization of building occupancies for fire safety engineering: Capabilities of disabled people moving horizontally and on an incline. *Fire Technology* 35, p. 51-67.
- Boyce, K.E., Shields, T.J., Silcock, G.W.H. (1999c). Toward the characterization of building occupancies for fire safety engineering: Capability of disabled people to negotiate doors. *Fire Technology* 35, p. 68-78.
- Boyce, K.E., Shields, T.J., Silcock, G.W.H. (1999d). Toward the characterization of building occupancies for fire safety engineering: Capability of people with disabilities to read and locate exit signs. *Fire Technology* 35, p. 79-86.
- Brandweer Amsterdam (1970). *Grote uitslaande brand, Amstelstraat 9-11*. Brandrapport.
- Broeshart, A.C. (1980). *De Geschiedenis van de brandweer in Nederland*. Elmar, Rijswijk.
- Bruck, D. (2001). The who, what, where and why of waking to fire alarms: A review. *Fire Safety Journal* 36, p. 623-639.
- Bryan, J.L. (2002). A selected historical review of human behavior in fire. *Fire Protection Engineering* 16, p. 4-10.
- Bryan, J.L. (1992). Human Behavior and Fire. In *NFPA Handbook, Section 7, Chapter 1*. NFPA, Quincy, MA.
- Bryner, N., Madrzykowski, D., Grosshandler, W. (2007). Reconstruction The Station Nightclub fire. Computer modeling of the fire growth and spread. *Interflam 2007, Proceedings of the 11th International Conference*. Interscience Communications Ltd, London.
- BSI (2004). PD 7974-6 *The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Human factors: Life safety strategies. Occupant evacuation, behaviour and condition*. British Standards Institute, Londen. Zie www.fire-engineeringuk.co.uk/documents/Arc28.pdf
- Buisman, J. (1998). *Duizend jaar weer, wind en water in de lage landen. Deel 3: 1450-1575*. Van Wijnen, Franeker.
- Buisman, J. (2000). *Duizend jaar weer, wind en water in de lage landen. Deel 2: 1300-1450*. Van Wijnen, Franeker.
- Buisman, J. (2006). *Duizend jaar weer, wind en water in de lage landen. Deel 5: 1675-1750*. Van Wijnen, Franeker.
- Bukowski, R.W. (2001). Fire as a building design load. *International Interflam Conference, 9th Proceedings*, p. 341-350.
- Bukowski, R.W. (2005). Protected elevators and the disabled. *Fire Protection Engineering*, August.
- BZK (1995a). *Brandbeveiligingsconcept. Gebouwen met een publieksfunctie*. Ministerie van Binnenlandse Zaken. Den Haag.
- BZK (1995b). *Brandbeveiligingsconcept. Logiesgebouwen en bijzondere woongebouwen*. Ministerie van Binnenlandse Zaken. Den Haag.
- BZK, VROM (2007). *Actieprogramma Brandveiligheid*. Den Haag.
- Carlsson, E. (1999). *External fire spread to adjoining buildings: A review of fire safety design guidance and related research*. Lund University, Lund.
- Cassuto, J., Tarnow, P. (2003). The discotheque fire in Gothenburg 1998. A tragedy among teenagers. *Burns* 29, p. 405-416.
- Chang, C.-H., Huang, H.-C. (2005). A water requirements estimation model for fire suppression: A study based on integrated uncertainty analysis. *Fire Technology* 41, p. 5-24.

- Coleman, L., Helsloot, I. (2007). On the need for quantifying corporate crises. *Journal of Contingencies and Crisis Management* 15 (3), p. 119-122.
- Comeau, E. (1996). *Fire investigation report. Airport terminal fire Düsseldorf, Germany, April 11, 1996*. NFPA, Quincy, MA.
- Comeau, E., Duval, R.F. (2000). *Dance hall fire Gothenburg, Sweden, October 28, 1998*. NFPA, Quincy, MA.
- Cornwell, B. (2003). Bonded fatalities: Relational and ecological dimensions of a fire evacuation. *The Sociological Quarterly* 44, p. 617-638.
- CPR, Commissie Preventie van Rampen door gevaarlijke stoffen (2000). *CPR 18, Richtlijn voor kwantitatieve risicoanalyse*, p. 57, Directeur-generaal Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Den Haag.
- Delichatsios, M.A., Silcock, G.W.H., Liu, X., Delichatsios, M., Lee, Y. (2004). Mass pyrolysis rates and excess pyrolysis in fully developed enclosure fires. *Fire Safety Journal* 39, p. 1-21.
- Delichatsios, M.A. (2004). Should smoke yield be regulated for wall, ceiling and floor linings? *Fire Technology* 40, p. 263-276.
- Demers, P. (1981). *Hotel fire. Las Vegas, NV. February 10, 1981*. NFPA, Quincy, MA.
- Dogger, J. (1982) Brand Dennendal kost zes bewoners leven. *Brand & Brandweer*, p. 290-292.
- Donald, I., Canter, D. (1990). Behavioural aspects of the King's Cross Disaster. In *Fires and human behaviour. Second edition*. David Fulton Publishers Ltd, Londen, p. 15-30.
- DTI (2000). *Effectiveness of the furniture and furnishing (Fire) (Safety) Regulations 1988*. Home Office, Department of Trade and Industry, Londen.
- EC, BeneFue (2002). *The potential benefits of fire safety engineering in the European Union*. Final report to DG Enterprise, 19 July 2002.
- Edelman, M.J. (1964). *The symbolic uses of politics*. Urbana, Ill: Illinois University Press.
- Edelman, M.J. (1971). *Politics as Symbolic Action: Mass Arousal and Acquiescence*. Academic Press.
- Edelman, M.J. (1977). *Political Language: Words that Succeed and Policies that Fail*. Academic Press.
- Edelman, M.J. (1988). *Constructing the Political Spectacle*. Chicago and London: the University of Chicago Press.
- Fahy, R.F., Proulx, G. (2005). *Analysis of Published Accounts of the World Trade Center Evacuation*. NIST NCSTAR 1-7A. Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster.
- Fahy, R.F., Proulx, G. (2001). *Toward creating a database on delay times to start evacuation and walking speeds for use in evacuation modeling*. 2nd International Symposium on Human Behaviour in Fire, Boston, MA., p. 175-183.
- Fennell, D. (1988). *Investigation into the King's Cross Underground fire*. Department of Transport, Londen.
- Frantzich, H. (1994). *A model for performance-based design of escape routes*. Department of Fire Safety Engineering, Lund Institute of Technology, Lund University.
- Fruin, J.J. (1971). *Pedestrian Planning and Design*. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York.
- Galea, E.R. (2005). An analysis of human behavior during evacuation. *Fire protection engineering*.

- Galea, E.R., Shields, J., Canter, D., Boyce, K., Day, R., Hulse, L., Siddiqui, A., Summerfield, L., Marselle, M., Greenall, P.V. (2007a). The UK WTC 9/11 evacuation study: Methodologies used in the elicitation and storage of human factors data. In *Conference proceeding Interflam 2007. 11th international fire science and engineering conference*. Vol. 1, p. 169-181.
- Galea, E.R., Sharp, G., Lawrence, P.J., Dixon, A. (2007b) Investigating the impact of occupant response time on computer simulations of the WTC North tower evacuation. In *Conference proceeding Interflam 2007. 11th international fire science and engineering conference*. Vol. 2, p. 1435-1442.
- Gann, R.G. (2004b). Sublethal effects of fire smoke. *Fire Technology* 40, p. 95-99.
- Gann, R.G. (2004a). Estimating data for incapacitation of people by fire smoke. *Fire Technology* 40.
- Geneva Association (2005). *World fire statistics no. 21*. Information bulletin of the world fire statistics. Geneva Association Information Newsletter. International association for the study of insurance economics.
- Goudsblom, J. (2001). *Vuur en beschaving*. Amsterdam.
- Graham, T.L., Roberts, D.J. (2000). Qualitative overview of some important factors affecting the egress of people in hotel fires. *Hospitality Management* 19, p. 79-87.
- Groner, N.E. (2001). Intentional systems representations are useful alternatives to physical systems representations of fire-related human behavior. *Safety Science* 38, p. 85-94.
- Groner, N.E. (2004). *On putting the cart before the horse: Design enables the prediction of decisions about movement in buildings*. Proceeding for NIST workshop on building occupant movement during fire emergencies. NIST.
- Gwynne, S., Galea, E.R., Lawrence, P.J., Filippidis, L. (2001). Modelling occupant interaction with fire conditions using the buildingEXODUS evacuation model. *Fire Safety Journal* 36, p. 327-357.
- Gwynne, S., Galea, E.R., Owen, M., Lawrence, P.J., Filippidis, L. (1999). A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the built environment. *Building and Environment* 34, p. 741-749.
- Hagen, R.R., Fouraux, B., Kobes, M., Rosmuller, N., Veltkamp, H. (2001). *Overall veiligheidsplan Omniworld Almere. Stadion, sporthal en parkeergarage*. Nibra, Arnhem.
- Hagen, R.R. (2007). *Het Kerkje van Spaarnewoude. Over een nieuw elan in brandveiligheid in tien ambities*. Lectorale rede. Nibra, Arnhem.
- Heijnsbergen, H.L.M. van (1941). *Zaansche Brandkroniek van 1656 tot 1941*.
- Helsloot, I., Kobes, M. (2002). *Onderzoek brand in cellencomplex Schiphol*. Nibra, Arnhem.
- Helsloot, I. (2006). Handhaving brandveiligheid: Wat is er bereikt vijf jaar na Volendam. In Muller, E., Michiels, L. (red.) *Handhaving*. Kluwer, Deventer, p. 491-523.
- Helsloot, I. (2007). *Voorbij de symboliek. Over de noodzaak van een rationeel perspectief op fysiek veiligheidsbeleid*. Oratie. Boom Juridische uitgevers, Den Haag.
- Hilhorst, A.J. (2003). *Stedelijke projectmatige aanpak onrechtmatig wonen*. Notitie van de wethouder van ruimtelijke ordening, stedelijke ontwikkeling en wonen van gemeente Den Haag aan de voorzitter van de commissie voor veiligheid, bestuur en leefomgeving en de voorzitter van de commissie voor stedelijke ontwikkeling, wonen en economie. Gemeente Den Haag.

- Huggett, C. (1980). Estimation of rate of heat release by means of oxygen consumption measurement. *Fire and Materials* 4, p. 61-65.
- IBW (1971). *Rapport van onderzoek naar verloop van brand in psychiatrische inrichting Mariëncamp te Rolde*. Inspectie voor het brandweerwezen. Ministerie van Binnenlandse Zaken, Den Haag.
- IBW (1979). *Brand in de Duivelsbruglaan 80-82-84 te Breda*. Rapport van de bevindingen tijdens een brand in drie panden, ingericht als pension. Inspectie voor het brandweerwezen. Ministerie van Binnenlandse Zaken, Den Haag.
- IBW (1986). *Brandbeveiliging voetbalstadions. Brandveiligheidseisen met betrekking tot toeschouwersaccomodaties*. Inspectie voor het brandweerwezen. Ministerie van Binnenlandse Zaken, Den Haag.
- Irvine, D.J., McCluskey, J.A., Robinson, I.M. (2000). Fire hazards and some common polymers. Review paper. *Polymer Degradation and Stability* 67, p. 383-396.
- ISO (2004). *Guidelines for assessing the fire threat to people*. ISO/TS 19706:2004.
- Isobe, M., Helbing, D., Nagatani, T. (2004). *Many-particle simulation of the evacuation process from a room without visibility*. *Physical Review E* 69.
- Jenkins, P. (2005). Capital gain. An overview of the work of the London Fire Brigade Fire Engineering Group. *Fire Prevention & Fire Engineers Journal*, September 2005, p. 18-22.
- Jiang, F. (1998). Flame radiation from polymer fires. *Fire Safety Journal* 30, p. 383-395.
- Johnson, C.W. (2005). Lessons from the evacuation of the world trade centre, 9/11 2001 for the development of computer-based simulations. *Cognition, Technology and Work* 7, p. 214-240.
- Jong, W., Duyvis, M.G., Kobes, M., Weges, J. (2003). *Miljoenenbranden*. Nibra publicatiereeks, nr. 16. Nibra, Arnhem.
- Kaspers, A., Neut, K., Scheuler, J., Koekkoek, A. (1986). *Brandweer Delfzijl 1826-1986*. Gemeente Delfzijl, Delfzijl.
- Klem, T.J. (1987). *Investigation report on the Dupont Plaza hotel fire. December 31, 1986, San Juan, Puerto Rico*. NFPA, Quincy, MA.
- Klüpfel, H., (2007). The simulation of crowd dynamics at very large events - Calibration, empirical data and validation. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics 2005*. Springer, Berlin-Heidelberg.
- KNBV (1933). *Catalogus Brandweermuseum*. Koninklijke Nederlandse Brandweer Vereniging, Utrecht.
- Kobes, D.W. (1972). *Kleine historie van de Laurentiuskerk en het oude kerspel Varsseveld*.
- Kobes, M., Elias, I.C., Hagen, R.R. (2001). *Onderzoek naar oorzaken en gevolgen van woningbranden*. Nibra Publicatiereeks nr. 10. Nibra, Arnhem.
- Kobes, M. (2005). Een bouwkundig perspectief op evacuatie uit gebouwen. In *Zelfredzaamheid en fysieke veiligheid van burgers: Verkenningen*. Nibra Publicatiereeks nr. 18. Nibra, Arnhem.
- Kobes, M. (2006). *Onderzoek naar woningbranden: een overzicht*. In *Jaarboek Onderzoek 2005*. Nibra, Arnhem, p. 121-150.
- Kobes, M., Rosmuller, N., Schokker, J.J., Vliet, V.M.P. van (2006). *Verkenningen van simulatiemodellen: Brand- en rookontwikkeling, evacuatie- en interventiemodellering*. Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid Nibra, Arnhem.
- Koppers, G.P. (1984). *Grote brand in Casa Rosso*. Amsterdam.
- Koppers, G.P. (1988). *De Amsterdamse brandweer vroeger en nu*. Amsterdam.

- Koppers, G.P. (1999). *De Amsterdamse brandweer op weg naar de toekomst*. Den Haag.
- Koppers, G.P. (2007). *Privé-collectie van G.P. Koppers*, Amsterdam.
- Kramer, J.W.J.L. (2007). *Vluchten op rolletjes. Een verkenning naar de mogelijkheden van roltrappen in vluchtroutes als gelijkwaardige oplossing*. Rijswijk.
- Leur, P.H.E. van de, Twilt, L., Paap, F., Öhlin, M., Ilje, K. (2001). Literatuurstudie branden in publieksgebouwen vergelijkbaar met de brand in 't Hemeltje op 1 januari 2001. In *Cafébrand Nieuwjaarsnacht. Deelonderzoeken B*. Commissie onderzoek cafébrand nieuwjaarsnacht. Phoenix & den Oudsten, Rotterdam, p. 147-174.
- Løvås, G.G. (1998) Models of wayfinding in emergency evacuations. Theory and methodology. *European Journal of Operational Research* 105, p. 371-389.
- Lundin, J. (2005). *Safety in case of fire. The effect of changing regulations*. Doctoral thesis. Lund University, Lund.
- Meenhorst, B. (1949). De veilige ontvluchting in geval van brand en het paniekgevaar. In *Brandbeveiliging. Verslag van het verhandelde op het tweede symposium, gehouden op 6 en 7 april 1949 te Utrecht, onder auspiciën van de Rijksinspectie Brandweerwezen van het ministerie van Binnenlandse Zaken*. Erven B. van der Kamp, Groningen, p. 105-145.
- Meeren, F. van der, Moelants, M. (2007). 22 mei 1967 in het geheugen gegrift. *Brussel Nieuws*.
- Nagai, R., Nagatani, T., Isobe, M., Adachi, T. (2004). Effect of exit configuration on evacuation of a room without visibility. *Physica A* 343, p. 712-724.
- NFPA (2002). *The SFPE handbook of fire protection engineering. Third edition*. NFPA.
- NFPA (2005). *U.S. experience with sprinklers and other fire extinguishing equipment*. NFPA, Quincy, MA.
- NFPA (2006a). *Selection from U.S. fires in selected occupancies. Hotels and motels*. NFPA, Quincy, MA.
- NFPA (2006b). *Selection from U.S. fires in selected occupancies. Health care facilities, excluding nursing homes*. NFPA, Quincy, MA.
- NFPA (2006c). *Selection from U.S. fires in selected occupancies. Offices*. NFPA, Quincy, MA.
- NFPA (2007). *U.S. structure fires in eating and drinking establishments*. NFPA, Quincy, MA.
- Nibra (2005). *Brandverloop*. Nibra, Arnhem.
- NIST (2001). *Relative ignition propensity of test market cigarettes*. Nist.
- NYC Fire Museum (2003). *FDNY. An illustrated history of the fire department of the city of New York*. FDNY, New York.
- O'Connor, D.J. (2005). Integrating human behaviour factors into design. *Fire Protection Engineering*, p. 8-20.
- Onbekend (1970). *Rapport met betrekking tot brand huize Kraaybeek – Hoofdstraat 63 te Driebergen*. (Vermoedelijk betreft het een rapport van de Technische Recherche.)
- Onbekend (1972) 28 september 1971: hotelbrand in 't Silveren Seepaerd in Eindhoven maakt 11 slachtoffers. *Brand*, p. 44-46.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid (2006). *Brand cellencomplex Schiphol-Oost*. Eindrapport van het onderzoek naar de brand in het detentie- en uitzetcentrum Schiphol-Oost in de nacht van 26 op 27 oktober 2005. Den Haag.
- Oomes, E. (1970). Vuurzee in bejaardentehuis eist zeven mensenlevens. *De Brandweer*, p. 32-34.
- Oomes, E. (2006). *Mobiliteit*. Column in rubriek Ome Ed, december 2006. Zie www.brandweer.nl

- OPSI (1989). *Fire Precautions (Sub-surface Railway Stations) Regulations 1989*. Office of Public Sector Information, Londen.
- Ouellette, M.J. (1993). Visibility of exit signs. *Progressive Architecture*, p. 39-42.
- Pauls, J. (1984). The movement of people in buildings and design solutions for means of egress. *Fire Technology* 20, p. 27-47.
- PGS (2005). *PGS 1, Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen door het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, Deel 1A: Effecten van brand op personen*, p. 22. Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen. Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- Pires, T.T. (2005). An approach for modeling human cognitive behavior in evacuation models. *Fire Safety Journal* 40, p. 177-189.
- Proulx, G. (1997). Misconceptions about human behaviour in fire emergencies. *Canadian Consulting Engineer*, p. 36-38.
- Proulx, G. (2000). *Why building occupants ignore fire alarms*. Construction Technology Update 42. IRC-NRCC, Ottawa, Canada.
- Proulx, G. (2001a). Occupant behaviour and evacuation. In *Proceedings of the 9th International Fire Protection Symposium, Munich, May 25-26*, p. 219-232.
- Proulx, G. (2001b). Highrise Evacuation: A Questionable Concept. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Human Behaviour in Fire 2001*. Interscience Communications, London, p. 221-230.
- Proulx, G. (2002). *Evacuation planning for occupants with disability*. Internal report No. 843. IRC-NRCC, Ottawa.
- Proulx, G. (2003). Playing with fire: Understanding human behavior in burning buildings. *ASHRAE journal* 45, p. 33-35.
- Proulx, G. (2007). High-rise office egress: the human factors. In *Proceedings of Symposium on High-Rise Building Egress Stairs*. New York.
- Proulx, G., Tiller, D., Kyle, B., Creak, J. (1999). *Assessment of photoluminescent material during office occupant evacuation*. Internal Report No. 774. IRC-NRCC, Ottawa.
- Proulx, G., Kyle, B., Creak, J. (2000). Effectiveness of a photoluminescent wayguidance system. *Fire Technology* 36, p. 236-248.
- Proulx, G., Laroche, D. (2001). Study shows low public recognition of the temporal-three evacuation signal. *Construction Innovation* 6 (4).
- Proulx, G., Richardson, J.K. (2002). The Human factor: Building designers often forget how important the reactions of the human occupants are when they specify fire and life safety systems. *Canadian Consulting Engineer* 43, p. 35-36.
- Purser, D.A. (1996). Behavioural impairment in smoke environments. *Toxicology* 115, p. 25-40.
- Purser, D.A., Bensilum, M. (2001) Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations. *Safety Science* 38, p. 157-182.
- Purser, D.A. (2003). Data benefits. Fire prevention. *Fire engineers journal*, p. 21-24.
- Raubal, M., Egenhofer, M.J., Pfoser, D., Tryfona, N. (1997). Structuring space with image schemata: Wayfinding in airports as a case study. *Lecture Notes in Computer Science* 1329, p. 85-102.
- Raubal, M., Egenhofer, M.J. (1998). Comparing the complexity of wayfinding tasks in built environments. *Environment & Planning B* 25, p. 895-913.

- Robertson, B.S. (2001). British antidiscrimination legislation and wayfinding in buildings in Scotland. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, p. 69-79.
- Robertson, B.S., Dunne, C.H. (1998). Wayfinding for visually impaired users of public buildings. *Journal of Visual Impairment and Blindness* 92, p. 349-355.
- Rogsch, C., Klingsch, W., Seyfried, A., Weigel, H. (2007). How reliable are commercial software-tools for evacuation calculation? In *Conference proceeding Interflam 2007. 11th international fire science and engineering conference*. Vol. 1, p. 235-245.
- Rubadiri, L., Ndumu, D.T., Roberts, J.P. (1997). Predicting the Evacuation capability of mobility-impaired occupants. *Fire Technology* First Quarter.
- Sandberg, A. (1997). *Unannounced evacuation of large retail-stores. An evaluation of human behaviour and the computermodel Simulex*. Lund University, Lund.
- SBR (1984). *Menselijk gedrag bij brand*, B29-2. Stichting Bouwresearch, Rotterdam.
- Schoonbaert, L. (1997). *Fire Safety Engineering: een antwoord voor de toekomst!* IFSET. Asse, België.
- SFPE (2002). *Engineering guide to human behaviour in fire*. SFPE.
- Sillem, S. (2005). Een psychologisch perspectief op evacuatie uit gebouwen. In *Zelfredzaamheid en fysieke veiligheid van burgers: Verkenningen*. Nibra Publicatiereeks nr. 18. Nibra, Arnhem.
- Sime, J.D. (1990). The concept of 'Panic'. In *Fires and human behaviour. Second edition*. David Fulton Publishers Ltd, Londen, p. 63-81.
- Sime J.D. (1991). Accidents and disasters: vulnerability in the built environment. *Safety Science* 14, p. 109-124.
- Sime, J.D. (1995). Crowd psychology and engineering. *Safety Science* 21, p. 1-14.
- Sime, J.D. (2001) An occupant response shelter escape time (ORSET) model. *Safety Science* 38, p. 109-125.
- Soomeren, P. van, Stienstra, H., Wever, J., Klunder, G. (2007). *Menselijk gedrag bij vluchten uit gebouwen*. DSP-groep en SBR, Rotterdam.
- Suurmond, G., Velthoven, B.C.J. van (2003). Brandveiligheid in de horeca. Toepassing van kosten-batenanalyse op justitieel terrein. *Justitiële verkenningen* 29, 9, p. 8-28.
- Sytsema, H.J. (1970). Brand in de psychiatrische inrichting Groot Bronswijk Wagenborgen. *Brand*, p. 48-50.
- SZW (2007). *Arbeidsomstandighedenwet 2007*. Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Directie Arbeidsomstandigheden. Den Haag.
- Tang, D., Beattie, K. (1997). *Integrated prediction of fire, smoke and occupants evacuation of buildings*. Dublin Institute of Technology/IES Limited.
- Taylor, M. (2004). The real story of body 115. In *The Guardian*, 22 januari 2004.
- Tong, D., Canter, D. (1985). The decision to evacuate: a study of the motivations which contribute to evacuation in the event of fire. *Fire Safety Journal* 9, p. 257-265.
- Trijssenaar- Buhre, I.J.M., Raben, I.M.E., Wiersma, T., Wijnant, S.I. (2007). *Self-rescue in quantitative risk analysis*. TNO, Apeldoorn.
- Tubbs, J.S. (2004). *Developing trends from deadly fire incidents: A preliminary assessment*. ARUP, Westborough, MA.
- Verburg, G.J. (1967). *In vuur en vlam*. Gottmer, Haarlem.
- Verwey, W.B. (2004). Psychologische Functieleer en Cognitieve Ergonomie: een Siamese tweeling? *Tijdschrift voor Ergonomie* 29, nr. 2, p. 4-9.

- Vissers, W. (2004). Een kwart meer buitenbranden in 2003. *CBS Webmagazine*, 6 september 2004.
- Vliet, V.M.P. van, Kobes, M., Schokker, J.J. (2007). *Staalkaart adviesbureaus. Onderzoeksprogramma simulatie*. Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid Nibra, Arnhem.
- VROM (2004). *Brandveiligheid bij zorginstellingen. Beoordeling van brandveiligheidsvoorzieningen in dertig zorginstellingen*. VROM-Inspectie, regio Noord-West, Haarlem.
- VROM (2006). *Onderzoek veiligheid bij overdekte speeltuinen. Beoordeling van de naleving van de VROM-regelgeving bij 30 overdekte speeltuinen*. VROM-Inspectie, regio Noord-West, Haarlem.
- VROM (2007). *Onderzoek veiligheid hotels. Brandveiligheid en legionella-preventie van 12 hotels in Zuid-Holland en Zeeland*. VROM-Inspectie, regio Zuid-West, Rotterdam.
- Weges, J.M. (2006a). *Brandveiligheidsscan aanmeldcentra voor asielzoekers*. Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid Nibra, Arnhem.
- Weges, J.M. (2006b). *Uitvoering brandveiligheid dakconstructies van stalen damwandprofiel*. Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid Nibra, Arnhem.
- Welling, L., Harten, S.M. van, Patka, P., Bierens, J.J.L.M., Boers, M., Luise, J.S.K., Mackie, D.P., Trouwborst, A., Gouma, D.J., Kreis, R.W. (2005). Medical management after indoor fires: A review. *Burns* 31, p. 673-678.
- Wong, L.T., Leung, L.K. (2005). Minimum fire alarm sound pressure level for elder care centres. *Building and Environment* 40, p. 125-133.
- Zee, G. van der, e.a. (1946). *Ridderkerk, Herdenking 500 jaar, 20 October 1946*. Klomp & Bosman's Drukkerijen, Rotterdam. Citaat op <http://home.hccnet.nl/h.leentfaar/Brandweer.htm>

VIDEO'S

- Canvas (2007) Keerpunt. TV-programma.
- RTL (1997) RTL Dossier: De strijd tegen het vuur. Tv-programma.
- Yorkshire Television (1985) Live videoregistratie van voetbalwedstrijd Bradford City en Lincoln City.

WEBSITES

- [1] www.amsterdam.brandweer.nl
- [2] www.debood.nl
- [3] www.monumenten.nl
- [4] www.historieroermond.nl
- [5] www.ppsimons.nl
- [6] <http://nl.wikipedia.org>
- [7] www.errem.net/pagina/Een_verbrande_stad.htm
- [8] www.13mei2000.nl
- [9] www.nyc.gov
- [10] www.nbdc.nl
- [11] www.brandweer.nl

- [12] www.rodenboog.nl/verhalen/archief/groteveenbrand.html
- [13] www.7huizen.nl
- [14] <http://bobsfiresafety.blogspot.com>
- [15] <http://nvp.nici.kun.nl>
- [16] www.dokterdokter.nl
- [17] www.nieuws.nl
- [19] www.anp.nl
- [20] www.amsterdamslyceum.nl
- [21] <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca>
- [22] www.wtc.gov
- [23] <http://archeonet.nl>
- [24] www.deventer.nl
- [25] www.haarlem.nl
- [26] www.bma.amsterdam.nl
- [27] www.tholen.nl
- [28] www.grotekerk-dordrecht.nl
- [29] <http://stadsarchief.breda.nl>
- [30] www.noviomagus.nl
- [31] www.heerlijkheidborculo.nl
- [32] www.bredevoort-boekenstad.nl
- [33] www.graafschap-middeleeuwen.nl
- [34] www.elsloo.info
- [35] www.oss.nl
- [36] www.go2war2.nl
- [37] www.denhaag.nl
- [38] www.inn.nl/~regio2/veenbrand.html
- [39] www.dvhn.nl
- [40] www.brandweerevenementen.nl
- [41] <http://opd.nl>
- [42] www.zero-meridean.nl